KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

عصر الثورة العلمية:
1625–1774

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

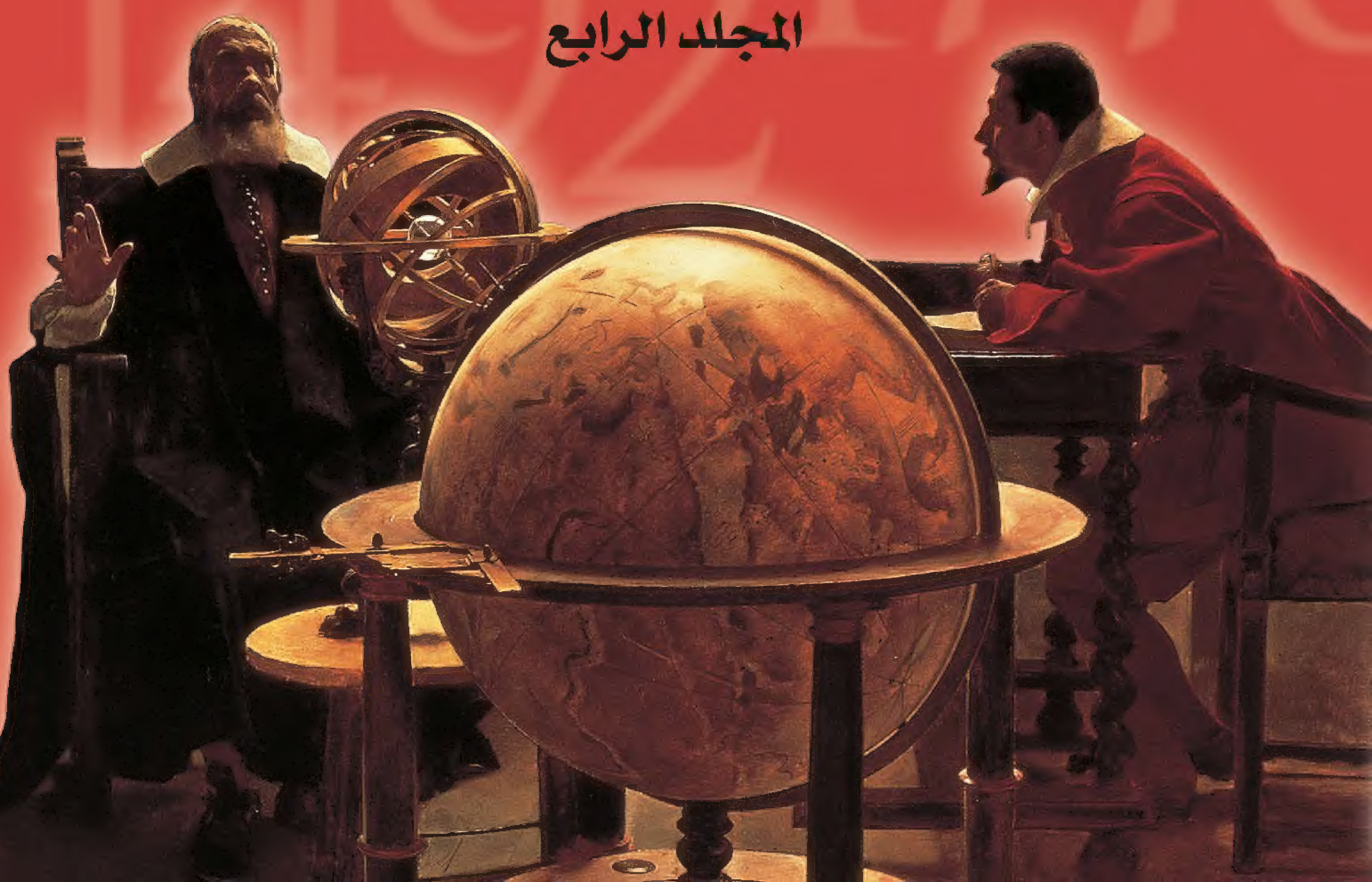




تأليف: جون كلارك وآخرون

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المجلد الرابع



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

المجلد الرابع

عصر الثورة العلمية

1774–1625

تأليف: جون كلارك

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المُراجع العلمي: د. أمل العازمي

الطبعة الأولى: الكويت - 2015

فهرسة
مكتبة الكويت الوطنية أثناء النشر

509 كلارك، جون.

الجداول الزمنية لتاريخ العلوم: timeline of science and technology/

جون كلارك، مايكل آلابي، إيمي جان بيير؛ ترجمة مصطفى معرفي. - ط 1 . - الكويت:

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2015

10 مج. ؛ 24 سم.

1- العلوم - تاريخ

أ. العنوان | ب. آلابي، مايكل (مؤلف مشارك)

ج. بيير ، إيمي جان (مترجم) | د. معرفي، مصطفى (مترجم)

هـ. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (ناشر)

ردمك: 978-99966-33-68-3

رقم الإيداع: 2015 / 459

بسم الله الرحمن الرحيم



صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت



سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي العهد

Published by Grolier
an imprint of Scholastic Library Publishing,
Old Sherman Turnpike
Danbury, Connecticut 06816

Set ISBN 978-0-7172-6101-7
Volume 4 ISBN 978-0-7172-6105-5

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Timelines of science and technology
p. cm.
Includes bibliographical references and index
Contents: v. 1. Origins of science — v. 2. Classical and early medieval science — v. 3. Late medieval and Renaissance science — v. 4. The Scientific Revolution — v. 5. The Industrial Revolution — v. 6. The Age of Steam — v. 7. The Age of Electricity — v. 8. The Atomic Age — v. 9. The Space Age — v. 10. The modern world.
ISBN 978-0-7172-6101-7 (set : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6102-4 (v. 1 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6103-1 (v. 2 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6104-8 (v. 3 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6105-5 (v. 4 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6106-2 (v. 5 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6107-9 (v. 6 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6108-6 (v. 7 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6109-3 (v. 8 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6110-9 (v. 9 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6111-6 (v. 10 : alk paper)
1. Science-History. 2. Discoveries in science.
3. Technology-History. I. Grolier (Firm)

Q125.T587 2006
509—dc22 2005050387

For information address the publisher:
Grolier, Sherman Turnpike,
Danbury, Connecticut 06816

Printed and bound in Singapore.

FOR THE BROWN REFERENCE GROUP

Consultant: Erin Dolan, Virginia Polytechnic and State University, U.S.A.

Project Editor: Graham Bateman
Editor: Virginia Carter
Designer: Steve McCurdy
Research: Geoff Roberts
Production: Alastair Gourlay, Maggie Copeland
Editorial Director: Lindsey Lowe

PICTURE CREDITS
(t = top, b = bottom, c = center, l = left, r = right)

Cover: *Space Shuttle*, NASA Headquarters – Greatest Images of NASA; *19th-Century Steam Train*, Science Photo Library; *Galileo*, AKG-London

6c TopFoto; **6b** Fotomas/TopFoto; **7** Science Musuem; **8** Schoenberg Center; **9t** Archivo Iconografico, S.A./Corbis; **9b** Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **10b** Science Museum Library; **11t** Science Museum; **12** Science Museum; **14t** NASA Jet Propulsion Laboratory; **14c** Schoenberg Center; **15c** Clayton J. Price/Corbis; **15b** Marc Garanger/Corbis; **16t** Bettmann/Corbis; **16–17** Science Museum Library; **17t** Bettmann/Corbis; **18t** Bettmann/Corbis; **18b** TopFoto; **19b** Science Museum Library; **20t** Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **21t** Roger-Viollet/TopFoto; **21b** TopFoto; **22b** Science Museum Pictorial; **23t** The British Library/TopFoto; **23b** Science Museum Library; **24** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **24-25** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **26b** Science Museum; **27c** ©2003 Charles Walker/TopFoto; **28t** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **29t** ©2004 Ann Ronan Picture Library/ TopFoto; **30c** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **31t** NASA Headquarters – Greatest Images of NASA; **31c** Science Museum; **31b** Science Museum/TopFoto; **32t** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **33t** Science Museum; **33b** TopFoto; **34c** ©Topham Picturepoint/TopFoto; **36t** Science Photo Library; **37t** Science Photo Library; **38t** ©2002 ARPL/Topham/TopFoto; **38b** TopFoto; **39b** Science Museum; **40t** Schoenberg Center; **40b** Schoenberg Center; **41** Philadelphia Museum of Art/Corbis; **42c** Schoenberg Center; **42b** Topham Picturepoint/TopFoto; **43** The British Library/TopFoto; **44t** ©2004 TopFoto/TopFoto: **44b** Science Museum; **45** Science Museum Pictorial

كيفية استخدام المجموعة
How to Use this Set

يُغطي كلُ مجلدٍ من مجلدات هذه المجموعة فترة مفصلية من تاريخنا، نحن البشر وقد وضعنا هذه الفترات على الصفحتين 6-7 من المجلد الأول بالإضافة إلى المحتوى التفصيلي. يحتوي كلُ مجلد على ثلاثة أنواعٍ من المقالات. مقالات المسار الزمني التي تُعنى بجدولة الاكتشافات والابتكارات بحسب سنوات الفترة المعنية. وقد رتبت تفاصيل هذه المقالات على هيئة نطاقات مستعرضة ينتمي كل نطاقٍ منها إلى حقلٍ من حقول المعرفة، بحيث تتمكن من رؤية العلاقة بين مجالات المعرفة العلمية بنظرة سريعة. كما تظهر الخلفية التي كتبت معلومات كل نطاق عليها – مثل الفيزياء أو الكيمياء – بلون مميز. وبين مقالات المسار الزمني تتوزع المقالات الخاصة مفصلة لنقاط محددة جاء ذكرها في المسار الزمني. تُوفر هذه المقالات وبُعمقٍ تركيزاً على خلفية الاكتشافات ومعلوماتٍ حول من لهم علاقة بالموضوع وتشرح طرق استخدام واستفادة البشر من هذه الاكتشافات أو الابتكارات. وعلى سبيل المثال، نجد في المجلد الثامن (الصفحات 28 – 29) مقالاً بعنوان «تطور الهيليوكوبتر (الحوّامة)»، وينبع من فقرة حول الحوامة من مقالة المسار الزمني للعام 1936 من صفحة 26. وتتضمن المقالات فقراتٍ موضوعة داخل إطار بهدف الاستزادة من المعرفة وتوفر معلوماتٍ إضافية وتشرح في الغالب بعض المبادئ العلمية ذات الصلة بالموضوع. وأخيراً يُقدم محور الأعلام في نهاية كل مجلد سيرة مفصلة للأعلام أو المجموعات البشرية التي ورد ذكرٌ لها في المسار الزمني أو المقالات الخاصة، وبذلك تظهر الصورة الكلية لإنجازاتهم. باستخدام الأنواع الثلاثة للمقالات يمكن بناء صورة كلية للظروف التي أدت إلى لحظة الاختراق في مسار تقدم معين.

تلعب الصور والأشكال، مع شرحها، دوراً رئيساً في هذه المجموعة. وتشمل صور مطبوعات قديمة وصوراً ضوئية حديثة وإعادة بناءٍ فني ومخططاتٍ توضيحية.

هناك عددٌ من المُعينات التي تساعدك في الإبحار خلال هذه المجموعة. أسماء الأعلام الواردة سيرهم في جزء الأعلام طبعت كلها بالبُنط الأسود الغامق، مثل **الفريد نوبل**. عاش بعض الأفراد وعمل خلال فترات يغطيها أكثر من مجلد واحد، ولذلك يأتي ذكر بعض الأعلام في مراحل تاريخية مختلفة، ولهذا السبب فإن ظهور اسم علم ما بالبُنط الأسود الغامق في مجلد ما لا يعني بالضرورة عرض سيرته بين الأعلام في المجلد نفسه، ولتحديد سيرة شخص معين يُنصح بالرجوع إلى المسرد الذي يبدأ من الصفحة 53 من كل مجلد. علاوة على ذلك طبعت أسماء بعض الأعلام بالبُنط الأسود الغامق المائل، ***مايكل فراداي*** على سبيل المثال. تُشير هذه الطريقة في كتابة اسم العلم على أنه موضوع مقالة خاصة (في مثالنا المقالة بعنوان طبيعة الضوء على الصفحتين 28–29 من المجلد الرابع). ونُعيد، بأن الطريقة الصحيحة للبحث عن مكان الموضوع هي الاستعانة بالمسرد.

تجد في أعلى غالبية المقالات مراجع ذات صلة بموضوع المقالة.

يحتوي كلُ مجلدٍ على مُعجم لبعض المصطلحات الواردة، ويُساعد المُعجم في فهم معنى بعضٍ المصطلحات غير المألوفة للقارئ. كما يحتوي كل مجلد في نهايته على مراجع ومواقع على الشبكة العنكبوتية (الويب) يمكن للقارئ الاستعانة بها للاستزادة في المعرفة، وأخيراً، نشير إلى أن مسرد المجموعة يضم أسماء الأشخاص والموضوعات المهمة التي تغطيها المجموعة.



عصر الثورة العلمية
(1774 - 1625)

في بدايات القرن السابع عشر حمل العالم الإيطالي غاليليو غاليلي لواء فكرة مركزية الشمس في نظامنا الشمسي، وهي النظرية التي وضعها من قبل الفلكي البولندي نيكولاس كوبرنيكوس. اصطدم المفهوم مع التعاليم المتشددة للكنيسة الكاثوليكية في روما، ونتج عن ذلك صراع بين غاليليو ومحاكم التفتيش المرعبة، التي أدانته بالهرطقة وحكمت عليه بالحبس في منزله لآخر ثمانية أعوام من حياته. لكن العالم الإنجليزي إسحق نيوتن (المولود سنة وفاة غاليليو) لم يواجه هذه المحنة، بيد أنه كان في شقاق دائم مع علماء زمانه، مثل رويرت هوك الذي اتهمه نيوتن بسرقة بنات أفكاره في عدد من الموضوعات.

هناك قاسمٌ مشتركٌ بين غاليليو ونيوتن، وهو أنهما كانا مفكرين وعالمين تجريبيين في آن واحد. طور غاليليو مفاهيمه حول القوانين التي تحكم حركة البندول البسيط بالاستعانة بوتيرة نبضه لقياس الزمن اللازم لإكمال الثريا الكبيرة المعلقة في سقف كاتدرائية بيزا دورتها. كما تروي القصص أن غاليليو أثبت نظريته حول السقوط الحر بإلقاء كرات المدافع من قمة برج بيزا وقياس الزمن اللازم لوصولها إلى الأرض. أما نيوتن فقد برهن على صحة نظريته حول انقسام ضوء الشمس إلى عوامله الطيفية بالاستعانة بمنشور زجاجي. كان قانون الجذب العام (أو الكوني) واحداً من المرتكزات الرئيسة في نزاع نيوتن مع معاصره هوك، الذي ادعى أنه أول من صاغ القانون. وفي أمريكا قام بنجامن فرانكلن بتجاربه على البرق، كما ابتكر النظارات الطبية مزدوجة العدسات، وكذلك موقد الطبخ غير المصدر للدخان.

توفر الحديد بكميات كبيرة وبتكلفة قليلة في بدايات القرن الثامن عشر، وذلك على إثر استحداث أبراهام داربي طريقة لصهر الحديد باستخدام فحم الكوك بدلاً من الفحم النباتي. كان لهذا الأمر أثرٌ بالغ الأهمية على الصناعة -بخاصة بعد تطوير جيمس وات المحرك البخاري الذي عبّد الطريق لبزوغ شمس الثورة العلمية.

المقالات الخاصة توفر تفصيلات حول موضوع معين



الفقرات الموضوعة داخل إطار تغطي موضوعات ذات أهمية خاصة

مراجع ذات صلة في متن المجلد نفسه أو مجلدات أخرى

الصفحات الخاصة بالأعلام تُوفر سيرة مفصلة لها



اسم العَلَم المكتوب بالبُنط العريض يوجّه القارئ إلى مقالات الأعلام



توفير التعليقات الواضحة المصاحبة للرسومات أو الصور الضوئية

النطاقات الملونة تفصل بين حقول العلم والتكنولوجيا المختلفة

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1627 ينشر الفلكي الألماني **يوهانز كبلر** (1571 – 1630) جداول تصف حركة الكواكب: تعرف الجداول لاحقا بمسمى *الجداول الرودولفية* تخليداً لذكرى الإمبراطور المتوفى حينها رودولف الثاني الذي موّل نشرها.

1631 يبتكر عالم الرياضيات الإنجليزي توماس هاريوت (1560 – 1621) رمز > (للدلالة على «أكبر من») ورمز < (للدلالة على «أصغر من»).

1631 يرصد عالم الرياضيات والفلكي الفرنسي بيير **غاسندي** (1592 – 1655) مرور كوكب عطارد عبر قرص الشمس، وذلك لأول مرة في التاريخ.

1632 تشييد أول مرصد حديث في مدينة لايدن (ليدن حاليا) في هولندا.

1633 تدين محكمة التفتيش الرومانية الكاثوليكية العالم الإيطالي ***غاليليو غاليلي*** (1564 – 1642) بسبب رفضه سحب مقولته بأن الشمس – وليس الأرض – مركز الكون (تتعارض المقولة مع التعاليم الكنسية آنذاك). يحكم على غاليليو بالحبس في منزله في فلورنسا.

1637 يبتكر عالم الرياضيات الفرنسي **رينيه ديكارت** (1596 – 1650) الهندسة التحليلية، وهي طريقة لتمثيل المعادلات الجبرية بخطوط ومنحنيات. وتسمى الطريقة أيضاً بهندسة الإحداثيات، نظراً لاستخدامها الإحداثيات الكارتيزية (على لقب ديكارت) لتعريف موقع نقطة في الفضاء.

1639 يرصد الفلكيان الإنجليزيان وليام كرابتري (1610 – 44) وجيريميه هوروكس (1617 – 41) مرور كوكب الزهرة عبر قرص الشمس.

1642 يشيد العالم الفرنسي **بليز باسكال** (1623 – 62) آلة حساب ميكانيكية مصنوعة من الخشب. ويعتبر الابتكار الخطوة البدائية الأولى نحو تصنيع الآلات الحاسبة (الحواسيب).

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1635 يكتشف عالم الرياضيات والفلكي الإنجليزي هنري جليبراند (1597- 1636) ظاهرة الانحراف المغناطيسي، وهو الفرق الزاوي بين الشمال المغناطيسي (بحسب الاتجاه الذي تأخذه إبرة البوصلة) والشمال الحقيقي.

1640 يقدم عالم الرياضيات الفرنسي بيير دي فيرما (1601 – 65) فرضية مبدأ فيرما ومنطوقه أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة. (المترجم: الأصح القول إن الضوء يسلك أقصر مسار بين نقطتين).



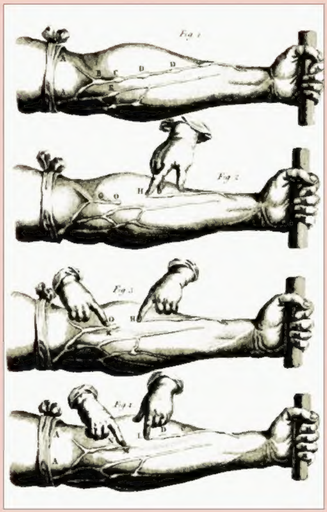
صنع باسكال آلته الحاسبة عام 1642 ويمكن بواسطتها إجراء عمليات حسابية بسيطة كالجمع والطرح.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1628 يكتشف الطبيب الإنجليزي **وليام هارفي** (1578 – 1657) الدورة الدموية في الجسم (الدورة الدموية الكبرى) ويصف طريقة سريان الدم عبرها – الطريقة التي يضخ بها القلب الدم إلى الرئتين وإلى جميع أعضاء الجسم.

1630 يُدخل القساوسة اليسوعيون إلى أوروبا لحاء شجر الكينا من أمريكا الجنوبية بهدف معالجة مرض الملاريا. وبعد حوالي 200 سنة (عام 1820) يكتشف الكيميائيون الفرنسيون احتواء

بدأ تفكير وليام هارفي في دورة الدم في الجسم خلال أبحاثه على الحيوانات. استرعى انتباه هارفي أن كمية الدم المتدفقة من القلب خلال ساعة واحدة تفوق بكثير الكمية الكلية للدم في الجسم. وعلى أساس هذا المنطق استنتج هارفي سريان الدم في دورة مغلقة بشكل مستمر، «دورة من دون توقف».
أعلن هارفي اكتشافه عام 1628 وقدم الرسوم التوضيحية المرفقة دليلاً على صحة رأيه، ربط هارفي شريطاً حول الجزء العلوي من الذراع – يسمي الأطباء الرباط حالياً المرقأة أو سداد الأوردة – وذلك لإبراز الأوردة، وبذلك تبدو الصمامات كتورم في الذراع. تسمح الصمامات لحركة الدم في اتجاه واحد فقط، العودة إلى القلب. بين هارفي أنه بتطبيق ضغط على الصمامات يمكن إيقاف حركة الدم في الأوردة ويعود الدم إلى السريان عند رفع الضغط.



الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1625 يُرَسم باسيليكا القديس بيتر في روما ككاتدرائية أخيراً، وذلك بعد انقضاء 120 عاما في بنائه. وتبقى الكاتدرائية لأكثر من 250 عاما كأضخم كنيسة مسيحية.

1629 يصنع المهندس الإيطالي جيوفاني برانكا (1571 – 1640) توربينا (عنفه) بدائيا.

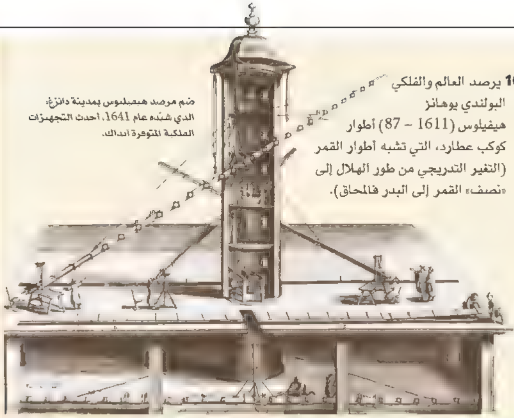
1631 يبتكر عالم الرياضيات الفرنسي بيير فيرنير (1580 – 1637) الورنية (السمالا)، مما يسمح بالقيام بقياسات دقيقة للغاية للأطوال.

انظر أيضا المقاريب (التلسكوبات) 4: 24-25

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1644 يكتشف عالم الرياضيات الفرنسي مارتن ميرسين (1588 – 1648) مجموعة أعداد ميرسين، وهي الأعداد الأولية أو الصماء والتي تتخذ شكل 2^n-1، حيث n نفسه عدد أصم. (العدد الأولي أو الأصم هو العدد الذي لا يقبل القسمة إلا على نفسه وعلى العدد 1 فقط).

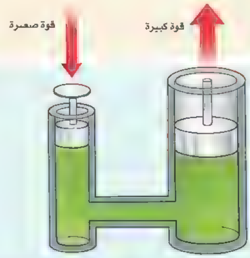
1644 يرصد العالم والفلكي البولندي يوهانز هيفيلوس (1611 – 87) أطوار كوكب عطارد، التي تشبه أطوار القمر (التغير التدريجي من طور الهلال إلى «نصف» القمر إلى البدر فالمحاق).



ضم مرصد هيفيليوس بمدينة دانزغ، الذي شيده عام 1641، أحدث التجهيزات الفلكية المتوفرة آنذاك.

يعمل المكبس الهايدروليكي بناء على قاعدة باسكال التي اكتشفت عام 1642. يتصل مكبس كبير المساحة بآخر أصغر منه مساحة ويُملأ الحيز بسائل دهني. ونظراً لانتقال الضغط بالتساوي عبر السائل، يؤدي تطبيق قوة صغيرة على المكبس الأصغر مساحة إلى دفع السائل في المكبس الأكبر بقوة أكبر. لكن المسافة التي يرتفعها المكبس الكبير تساوي جزءاً فقط من مسافة حركة المكبس الصغير.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS



1642 يضع العالم الفرنسي بليز باسكال (1623 – 62) قاعدة باسكال ومنطوقها: إذا طبق ضغط عند نقطة ما من سائل معزول يزيد الضغط بالمقدار نفسه على جميع نقاط السائل الأخرى. وتعمل جميع الآلات الهايدروليكية على أساس هذه القاعدة، كما أنها سبب إمكانية عصر معجون الأسنان من نهاية الأنبوب إلى فتحتها.

1644 يصنع الكيميائي الألماني يوهان غلوبر (1604 – 1668) أكوابا زجاجية يحتوي زجاجها على بعض الشوائب (سليليكات الصوديوم)، ويجد المركب الكيميائي تطبيقات واستخدامات عدة (بما في ذلك استخدامه كمادة حافظة للبيض).

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

اللحاء على مادة الكينين وهو مضاد حيوي لجرثومة مرض الملاريا.

1641 يصف عالم الطبيعيات الألماني نيكولاس تولب (حوالي 1593 – حوالي 1674) أول شمبانزي (*بان تروغلودايتس*) يجلب إلى هولندا. كان الشمبانزي أولى الغورلات الضخمة التي اكتشفت.

1641 يتعرف عالم التشريح الألماني فرانسيسكو سيلفيوس (1614 – 72) على الصدغ السيليفيستي في المخ، الذي يفصل الفص الصدغي على الجانب عن بقية المخ.



يعتبر الشمبانزي أولى الغورلات الضخمة التي اكتشفت، وذلك بواسطة عالم الطبيعيات الألماني نيكولاس تولب في عام 1641.

1642 يكتشف عالم التشريح الألماني يوهان فيرسنغ (1600 – 43) القناة البنكرياسية التي تنقل العصارات المهضومة من البنكرياس إلى المعي الإثنا عشري (جزء من الأمعاء الدقيقة).

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1638 يبتكر كل من الفلكي الإنجليزي وليام غازكوغن (حوالي 1612 – 44) والفرنسي أدرين أوزوت (1622 – 91)، بشكل مستقل عن بعضهما، مايكروميتر العدسة العينية، الذي تمكن إجراء قياسات دقيقة للغاية باستخدام المقراب والمجهر.

1639 يفتتح مصنع للزجاج في مدينة بليموث بولاية ميريلاند، ويعد من أولى المصانع التي شيدت في المستعمرات البريطانية في القارة الجديدة.

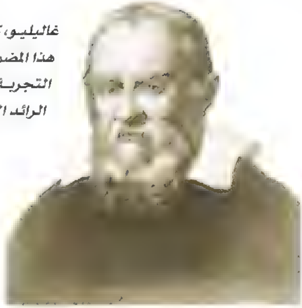
1640 يستحدث صانع العربات الفرنسي نيكولاس سوفاج في باريس عربات الأجرة التي تجرها الأحصنة.

1641 يحاول المخترع الإيطالي فنسيزو غاليلي (1606 – 49) تصنيع ساعة البندول مستخدماً تصميماً لوالده ***غاليليو غاليلي*** (1564 – 1642)، لكنه يفشل في مسعاه.

1642 يستحدث النحات الألماني لودفغ فون سيجن (1609 – حوالي 80) أسلوب النقش التظليلي على المعادن، ويتم في هذه الطريقة الحصول على المؤثرات الضوئية والظلال من خلال تكشيط أجزاء من صفيحة طباعة معدنية خشبية.

غاليليو غاليلي (1564–1642)
GALILEO GALILEI

غاليليو، كما يعرف عادة، عالم قدم إسهامات أساسية في مجالات علوم الفلك والرياضيات والفيزياء. وفي هذا المضمار اختلف أسلوب غاليليو عن أساليب غالبية العلماء من قبله، إذ اعتمد على مبدأ الملاحظة تتبعها التجربة للتحقق من ملاحظاته ونظرياته. يعرف هذا الأسلوب بالأسلوب العلمي، وكان غاليليو دون ريب الرائد الأول في ممارسته.



▲ أسهمت عبقرية غاليليو إسهامات كبري في محال علم الفلك والرياضيات والفيزياء. لكن عزمه الموطد برفض التنازلات عن آرائه جلب له المشاكل الكبيرة مع السلطات الكنسية.

تواريخ مفصلية

1582 ثبات الزمن الدوري للبندول.

1602 قانون السقوط الحر.

1610 رصد الأقمار الأربعة لكوكب المشتري.

1611 أول رصد للبقع الشمسية.

1633 أدانه محكمة التفتيش لغاليليو.

ولد غاليليو لأبٍ موسيقي في مدينة بيزا بشمالي إيطاليا. التحق بمدرسة للرهبان في فلورنسا وببلوغه السابعة عشر من العمر التحق بالجامعة في بيزا لدراسة الطب. لكنه سرعان ما تحول من دراسة الطب إلى دراسة الرياضيات والفلسفة، بيد أنه ترك الدراسة عام 1585 دون نيل درجة جامعية ليعمل مدرساً. ومع انتشار شهرته عُيّن عام 1589 أستاذاً للرياضيات بجامعة بيزا دون أن يحمل أية مؤهلات رسمية لهذا المنصب. انتقل غاليليو إلى جامعة بادوا عام 1592 واستمر أستاذاً هناك حتى عام 1610.

«لكنها تتحرك» (مشيرا بقوله هذا إلى دوران الأرض حول الشمس، وذلك بُعيد سحبه لآرائه وتخليه عن معتقداته أمام محكمة التفتيش)

«هذا مدون في كتاب الطبيعة، ذلك الكتاب العظيم الممتد على الدوام أمام ناظرينا – وأعني به الكون».

غاليليو

خلال حضوره قداساً في كاتدرائية بيزا عام 1582 استرعى انتباه غاليليو الحركة الزاوية الدورية للثريا المعلقة فوق رأسه تتأرجح جيئة وذهابا تحت تأثير التيار الهوائي. على إثر ذلك صنع غاليليو بندوله الخاص – فالثريا المتأرجحة ليست إلا بندولاً – بتعليق ثقل في نهاية خيط، ومن ثم قام بتوقيت زمن التأرجح أو الاهتزاز. ولما لم تكن ساعات الإيقاف اخترعت بعد، استخدم غاليليو نبض قلبه لقياس زمن الاهتزازة الواحدة ودلت تجربته أن زمن الاهتزازة (الزمن الدوري) يعتمد على طول خيط التعليق فقط وليس على وزن (كتلة) الثقل. وبذلك اقترح غاليليو إمكانية استخدام البندول كساعة، وبالطبع استخدم البندول فيما بعد للتحكم في ساعات الحائط الميكانيكية.

اعتنق الناس منذ زمن الفيلسوف الإغريقي *ارسطو* (384 – 322 ق.م.) مبدأ أن سرعة الأجسام تحت تأثير السقوط الحر تعتمد على وزنها. وكعالم تجريبي التوجه وضع غاليليو هذه الفكرة قيد الاختبار عام 1602. أسقط غاليليو من سطح برج المعرفة في بيزا كرتين مختلفتين وزنا – وذلك بحسب ما يتناقل من القول – ومن السكون وبيّن أنهما تصلان الأرض في آن واحد. أجريت هذه التجربة أمام أعين الملايين من البشر عام 1969 عندما أسقط رواد فضاء المركبة أبولو ريشة ومطرقة على سطح القمر. وبسبب غياب قوة مقاومة الهواء في الغلاف الجوي للقمر لامست الريشة والمطرقة سطح القمر في وقت واحد.

حفز تطور المقراب في بدايات القرن السابع عشر غاليليو على الاهتمام بعلم الفلك، فقام يصنع مقرابه الخاص – فهو عالم عملي على الدوام- ووجهه نحو القمر. رسم غاليليو جبال القمر وأخاديده خلال أوقات مختلفة من الشهر. ثم توجه لدراسة كوكب المشتري وأعلن عام 1610 أن له أربعة أقمار تدور حوله. بعد عام وجه مقرابه نحو الشمس ولاحظ وجود بقع صغيرة سوداء أحيانا تتحرك عبر القرص الشمسي. كانت ملاحظة غاليليو للحركة الظاهرية للبقع الشمسية عاملاً في اقتناعه بالدوران البطيء للشمس حول محورها.

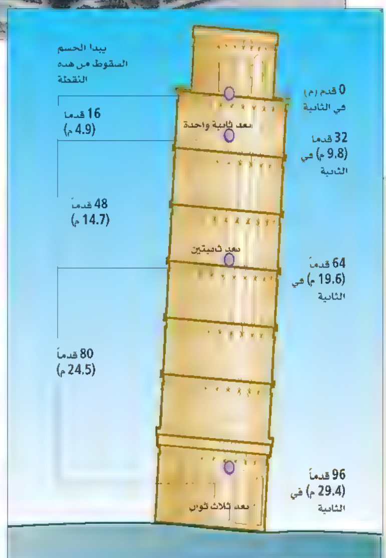
ادت اكتشافات غاليليو في دراسته للشمس إلى اقتناعه في نهاية المطاف بأن الشمس هي مركز الكون (أو مركز نظامنا الشمسي على الأصح)، وهي النظرية التي نادى بها الفلكي البولندي ***نيكولاس كوبرنيكوس*** (1473 – 1543) عام 1543. لكن الفكرة تتعارض مع تعاليم أرسطو السائدة لآماد طويلة والقائلة بمركزية الأرض في الكون. وما زاد الأمر سوءاً تعارض الفكرة مع التعاليم الصارمة للكنيسة الكاثوليكية الرومانية. ولذلك طالب المسؤولون الكنسيون غاليليو بعدم نشر أفكاره، بيد أنه نشرها في كتاب عام 1632. منعت الكنيسة الكتاب من التداول، وألقي القبض على غاليليو عام 1633 بواسطة محكمة التفتيش لينقل إلى روما، وتحت التهديد بالتعذيب اضطر غاليليو إلى شجب الفكرة والتخلي علناً عن معتقداته في هذا الشأن.

السقوط الحر

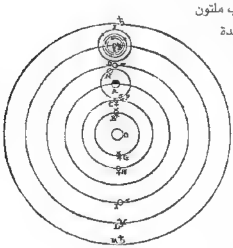
بحسب تعاليم الفيلسوف الإغريقي القديم أرسطو، تسقط الأجسام الثقيلة، مثل حجر كبير، بسرعة أكبر من سرعة سقوط الأجسام الخفيفة، الحصى مثلا. استندت الفرضية على المنطق العقلي الذي يعكس المقاربة العقلية للفلاسفة الإغريق. لكن غاليلو لم يكن متأكداً من صحة هذه الفرضية، ولذلك وضعها قيد التجربة العملية. بحسب الرواية المتداولة قام غاليليو بإسقاط كرتين من قذائف المدافع مختلفين في الوزن بدءاً من السكون من قمة برج المعرفة في بيزا. وبين أن الكرتين تصلان الأرض بسرعة واحدة نظراً لوصولهما خلال فترة زمنية واحدة. حاول غاليليو أيضا تبيان ثبات عجلة تساقط الأجسام نحو الأرض. (العجلة هي معدل التغيُّر الزمني للسرعة). توضح الصورة المرفقة النتائج التي كان سيحصل عليها غاليليو لو قدر له حينها قياس عجلة الجاذبية. عند سقوط جسم ما تتزايد سرعته مع قطعه مسافة أكبر، لكن عجلة الحركة تبقى ثابتة – 32 قدماً للثانية في الثانية (9.8 امتار للثانية في الثانية تقريباً). وتعرف العجلة هذه حاليا بعجلة السقوط الحر أو عجلة الجاذبية (الأرضية).



▲ نال غاليليو شهرة كبيرة بعد عرضه مقرابه لأعضاء جمعية النبلاء في إيطاليا.



رغم كبر سنه وصحته المتدهورة نفي غاليليو ليبقى قيد الحبس في منزله في فلورنسا. وفاقم الأمر إصابته بالعمى عام 1637، بسبب التلف الذي أصاب عينيه خلال رصده المباشر للشمس في الغالب. حكم عليه بعدم الخروج من المنزل وإن سُمح للبعض بزيارته أحيانا. كان من بين زواره القلائل الشاعر الإنجليزي جون ملتون (1608 – 74). وبمحض الصدفة أصيب ملتون بالعمى أيضا – ومن أفضل أشعاره القصيدة السونتية، «في العمى» التي نشرت عام 1645. (المترجم: القصيدة السونتية نوع من القصائد باللغة الإنجليزية تتكون من 14 بيتا) أصبح غاليليو يحس بالمرارة بعد تدهور بصره فالكون الذي كان شاغله الأول طوال حياته أفل نوره وأضحى معتما. وعند وفاته عام 1642 كان يعاني من التهاب المفاصل وضغط الدم المرتفع. رفض البابا أوربان الثامن نسيان عدائه لغاليليو فدفن دون احتفال في كنيسة سانتا كروس في فلورنسا.



▲ رسم غاليليو كونه الشمس مركزي كما نادي به كوبرنيكوس من قبل. كما ضمن الرسم اكتشافه الخاص لأقمار المشتري الأربعة (الثاني من الاعلى).

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1645 ينشر رسام الخرائط الفلندي مايكل لانفرينوس (1600 – 75) أول خريطة للقمر.

1650 يرصد الفلكي الإيطالي جيوفاني ريتشولي (1598 – 1671) النجم الثنائي مازار (مئزر) في حشد الدب الكبير، وهو أول نجم ثنائي يُكتشف.



من السهل تشكيل الهرم العددي الذي ابتدعه بليز باسكال. ابدأ من العدد 1 في قمة الهرم ثم الرقم 1 لكل خانة من الصف الثاني (لاحظ أن جميع الصفوف تبدأ وتنتهي بالعدد 1). في الصف الثالث، وبعد العدد 1، ضع ناتج مجموع العددين في الخانتين اللتين تعلوان هذه الخانة مباشرة: 1+1 = 2. تابع العملية بالكيفية نفسها: ابدأ بالعدد 1 ثم دون في الخانة التالية مجموع العددين في الخانتين اللتين تعلوان الخانة مباشرة (1+2 - 3). استمر في العملية حتى قاعدة الهرم. لهرم باسكال تطبيقات عدة في علم الجبر.

1653 يصمم العالم الفرنسي **بليز باسكال** (1623 – 662) مثلث باسكال للأعداد، وفيه يساوي كل عدد في أي صف مجموع العددين في الصف فوقه مباشرة. يكتشف لاحقاً بعض التطبيقات المهمة في الرياضيات من مثل نظرية ذات الحدين.

اليسار: كريستيان هويجنز هو أول من رصد حلقات كوكب زحل وذلك عام 1655. استخدم هويجنز لهذا العرض تقانة جديدة لصقل عدسات مقرابة المنزلي الصنع.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1645 يبني الفيزيائي الإيطالي **إيفانجلستا تورتشيللي** (1608 – 47) أول بارومتر زئبقي. يكتشف أيضاً فراغ تورتشيللي، وهو الفراغ الناتج عن قلب أنبوب مملوء بالزئبق في حوض (يتكون الفراغ في الحيز بين الطرف المسدود من الأنبوب المقلوب وسطح الزئبق بداخله).

1646 يصك العالم الإنجليزي **توماس براون** (1605 – 82) مفردة «الكهرباء» (والتي كانت مقتصرة آنذاك على الكهرباء الساكنة فقط).

1646 يبرهن العالم الفرنسي **بليز باسكال** (1623 – 62) على وجود الضغط الجوي، كما يثبت تغير مقداره مع الارتفاع عن سطح الأرض.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1645 يشخص الطبيب الإنجليزي دانيال وسلر (1619 – 84) مرض كساح الأطفال. وفي وقت لاحق (1651) يشخص المرض بشكلٍ مستقلٍ مواطنه الطبيب فرانسيس غلسون (1597 – 1677).

1647 يصف عالم التشريح الفرنسي جين بيكوت (1622 – 74) القناة الصدرية في الحيوانات. تحمل القناة السائل اللمفاوي (بلازما) من الجزء السفلي للجسم إلى أوردة العنق. وفي عام 1653 يكتشف العالم السويدي أولوف رودبك (1630 – 1702) الأوعية اللمفاوية لدى الإنسان.

1649 يكتشف الطبيب الإنجليزي هنري باور (1623 – 68) الأوعية الدموية الشعرية.

1658 يصف عالم الطبيعيات الهولندي يان سوامردام (1637 – 80) كُريّات الدم الحمراء.

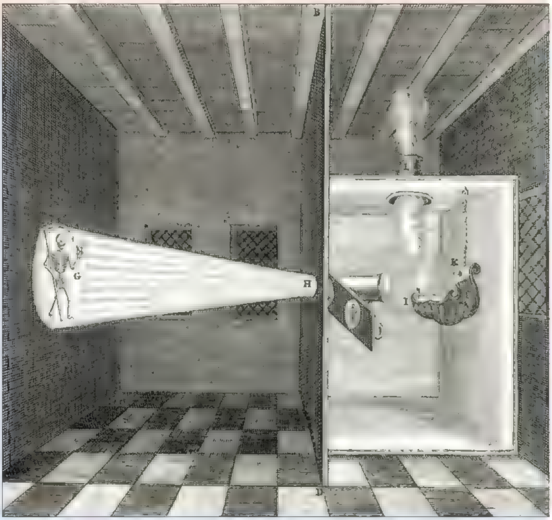
الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1646 يبتكر المفكر والمخترع الألماني أثاناسوس كيرتشر (1601 – 80) المصباح السحري لإسقاط الصور على شاشة (جهاز الإسقاط العلوي).

1647 يبتدع العالم الفرنسي **بليز باسكال** (1623 – 62) نموذجاً بدائياً لدولاب الروليت يستخدمه لإثبات نظرياته في الاحتمال.

1650 يشيّد المخترع الألماني ستيفن فارفلر كرسياً ذا عجلات ثلاث للمقعدين.

1652 يكمل المهندس الألماني كورنيلوس فيرميودن (1595 – حوالي 1683) تجفيف مساحة كبيرة من الأراضي في فنس – أراض المستنقعات المنخفضة شرقي إنجلترا – مما يجعلها صالحة لزراعة المحاصيل.



يُستخدم في المصباح السحري الذي وصمه أثاناسوس كيرتشر «شرائح» مصنوعة من صور مرسومة على قطع مرايا.

انظر ايضا ساعة البندول 4: 12–13؛ الباروميتر والفراغ 4: 16–17



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1655 يرصد العالم الهولندي **كريستيان هيوجنز** (1629 – 95) حلقات كوكب زحل، وذلك باستخدام مقراب منزلي الصنع. كما يكتشف أكبر أقمار زحل، تيتان.

1656 يستحدث عالم الرياضيات الإنجليزي جون والس (1616 – 1703) رمز ∞ للدلالة على مالانهاية. ينشر ابتكاره لأول مرة في مؤلفه *الحسابات اللامتناهية*.

1657 يكتب العالم الألماني **كريسيتان هيوجنز** (1629 – 95) أول كتاب في نظرية الاحتمالات في الرياضيات.

1659 يستخدث عالم الرياضيات الألماني يوهان راهن (1622 – 76) رمز (÷) للدلالة على عملية القسمة في الرياضيات.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1649 ينشر عالم الرياضيات الفرنسي بيير غاسندي (1592 – 1655) دراسة بعنوان *فلسفة إبيكوري*، حول الفيلسوف الإغريقي إبيكورس (حوالي 342 – 270 ق.م.) وهو أول من قال إن المادة تتكون من ذرات.

1650 يبرهن المفكر الألماني أثاناسوس كيرتشر (1601 – 80) على عدم انتقال الصوت في الفراغ (الخلاء).

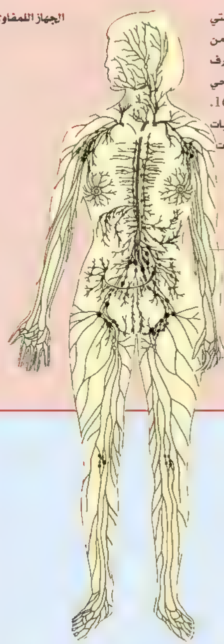
1650 إنشاء أول مختبر في الكيمياء ذي تجهيزات مناسبة وذلك بجامعة لايدن (ليدن حاليا) في هولندا.

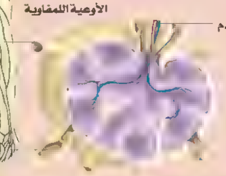
العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1659 يشخص الطبيب الإنجليزي توماس ولز (1621 – 75) حمى التيفوئيد لأول مرة.

1659 يكتشف عالم التشريح الايطالي مارسيلو مالبيغي (1628 – 94) العقد اللمفاوية، تشكيلات ضخمة عند نقاط التقاء الأوعية اللمفاوية. وبعد سنتين يؤكد وجود الشعيرات الدموية.

يتكون الجهاز اللمفاوي من مجموعة من الأوعية التي تحمل السائل اللمفاوي من الخلايا إلى مجرى الدم ومن ثم إلى القلب. تمر الأوعية على تشكيل ببضاوي يعرف بالعقد اللمفاوية (النقاط السوداء في الرسم التوضيحي إلى اليسار) والتي اكتشفها مارسيلو مالبيغي عام 1659. يعرف العلماء الآن أن العقد اللمفاوية تحتوي على كريات الدم البيضاء التي تنتج الأجسام المضادة لمحاربة الالتهابات





الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1654 يصنع العالم البولندي يوهانز هيفيليوس (1611 – 87) ثرمومتراً (مقياساً حراريا) مغلق الطرفين (كانت النماذج القديمة تحتوي سائلاً في كاس مفتوحة مما يجعلها طويلة للغاية).

1654 يبتكر الفيزيائي الألماني أوتو فون غيورك (1602 – 86) من ماغديبرغ مضخة هوائية (وهو الاسم الذي كان يطلق على مضخات التفريغ أيامها). وفي عرض لابتكاره يفرغ الهواء من الحيز بين شكلين نصف كرويين مصنوعين من النحاس. ويفشل فريقان من الأحصنة في إبعاد التصفين عن بعضهما. الشكلان مثبتان بواسطة ضغط الهواء الجوي، ويعرف الشكل بكرتي ماغديبرغ.

1656 يصمم العالم الهولندي **كرستيان هيوجنز** (1629 – 95) ساعة حائط بندولية. كما يبتكر موقتاً لاستخدامه في عرض البحار عام 1659، لكن اختراعه يبوء بالفشل.

1658 يصنع العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) ساعة تستخدم نابض تحكم شعري (تتحرر طاقة النابض الرئيسي في الساعة بشكل تدريجي بطيء للغاية وذلك من خلال اهتزاز نابض التحكم الشعري).

ساعة البندول
THE PENDULUM CLOCK

الصينيون هم أول من صنع الساعات الميكانيكية، والتي كانت على هيئة دواليب مائية هائلة مصنوعة من الخشب تدور ببطء. وخلال بدايات القرن الرابع عشر ظهرت الساعات المعدنية التي تدار بواسطة الأجسام الساقطة نحو الأرض، لكنها كانت غير دقيقة ولا يمكن الاعتماد عليها. كان الأمر بحاجة إلى وسيلة للتحكم في آلية جهاز عداد الزمن، وتوفرت هذه الآلية أوائل القرن السابع عشر كتطبيق عملي للبندول.



▲ رسم فنتسزو فنفياني (1622 - 1703)، تلميذ غاليليو، تصميم ساعة البندول. تبين الصورة إعادة رسم للتصميم (اليمين).

برهن العالم الايطالي *غاليليو غاليلي* (1564 – 1642) عام 1582 على أن البندول يهتز بمعدل ثابت. كما أثبت أيضاً أن معدل الاهتزاز يعتمد على طول خيط البندول فقط وليس على كتلة الثقل المهتز المعلق في نهايته. وفي الاصطلاح الرياضي نقول أن الزمن اللازم لاهتزازة كاملة (جيئة وذهابا) يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لطول خيط البندول. على سبيل المثال إذا كان طول الخيط مساويا 39 بوصة (99 سم) فإن الزمن اللازم للاهتزازة الكاملة (جيئة وذهابا) يساوي ثانية واحدة. ولذلك إذا استمر بندول بهذا الطول في الاهتزاز فإن بالإمكان تحديد فواصل زمنية تقدر بثانية واحدة.

خطرت الفكرة على بال غاليليو. وفي عام 1641 – قبل وفاته بعام – علّم ابنه فنسيزو (1606 – 49) كيفية تصنيع ساعة يتم التحكم بفواصلها الزمنية باستخدام البندول. لكن فنسيزو لم يتمكن من إكمال العمل ولم تظهر أولى ساعات البندول حتى عام 1657. صمم العالم الهولندي **كريستيان هيوجنز** (1629 – 95) أول ساعة بندول عام 1656 وقام بتصنيعها صانع الساعات سالمون كوستر في هولندا. كانت الساعة دقيقة بحيث لم تزد درجة الخطأ في قياس الوقت عن خمس دقائق في اليوم، وبذلك فهي أكثر دقة من أية ساعة قبلها.

تستخدم ساعات البندول ساقاً معدنية بدلاً من قطعة الخيط. لكن السيقان المعدنية تتغير أطوالها – وهو عامل حاسم في تحديد دقة الساعة – تبعاً لدرجة الحرارة. فالساق تتمدد بارتفاع درجة الحرارة وتنكمش مع انخفاضها. على سبيل المثال، يفقد البندول ذو الثانية الواحدة للاهتزازة الكاملة ثانية واحدة في اليوم تقريباً بتغير طوله بحوالي 0.0009 بوصة (0.025 ملم)، ويزيد طول ساق معدنية من الفولاذ بهذا المقدار إذا ارتفعت درجة الحرارة 4°F (2°C).

للتغلب على هذه المعضلة صمم صناع ساعات البندول عدة طرق تهدف إلى إبقاء طول الساق ثابتا. ابتكر المخترع الإنجليزي جورج غراهام (1673 – 1751) عام 1722 بندولاً زئبقياً (أعلن عن الابتكار عام 1726) يستخدم فيه كأساً مملوءة بالزئبق عوضاً عن الثقل المتدلي من نهاية الساق. فعند تمدد الساق نحو الأسفل بسبب ارتفاع درجة الحرارة يرتفع سطح الزئبق في الكأس بالمقدار نفسه تقريباً فيعادل تأثير تمدد الساق إلى الأسفل تأثير تمدد مستوى سطح الزئبق إلى الأعلى. كما أن صانع الساعات الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) ابتدع ساعة البندول الشبكية وذلك عام 1728. صمم هاريسون البندول من شبكة عليها سيقان من النحاس الأصفر والفولاذ مثبتة على التوالي. ونظراً لأن تمدد النحاس الأصفر أكبر من التمدد الذي يحدث للفولاذ بارتفاع درجة الحرارة بالمقدار نفسه، فإن الزيادة في طول الساق النحاسية تعوض عنها الزيادة الأقل في طول الساق الفولاذية. يمكن أيضاً بلوغ النتيجة نفسها بتصميم الساق على شكل أسطوانتين متداخلتين متحدتي المحور إحداهما من النحاس والأخرى من الفولاذ. تُستخدم في ساعات البندول حالياً سيقان من الأنفار، وهو سبيكة من الحديد والقصدير تتمدد بشكل طفيف للغاية مع ارتفاع درجة الحرارة. يستخدم الأنفار أيضا في تصنيع شرائط القياس والشوكات الرنانة واللذين يعتبر فيهما ثبات الأبعاد أمراً بالغ الأهمية.

هل خطر ببالك أن تتساءل يوماً ما عن سر طول ساق بندول ساعة الحائط (وتسمى تقانيا الساعة ذات الحافظة الطويلة)؟ والجواب المباشر أنها يجب أن تكون كذلك إذ أن الحافظة تُسكن ساقاً بطول 39 بوصة (99 سم) حتى يكون زمن الاهتزازة الكاملة ثانية واحدة، وهو الأمر المألوف في صناعة هذه الساعات. وهي تدق باستمرار بعد انقضاء كل ثانية.

تواريخ مفصلية

1641 تصميم بندول غاليليو.

1656 بندول هيوجنز.

1726 بندول غراهام الزئبقي.

1728 بندول هاريسون الشبكي.

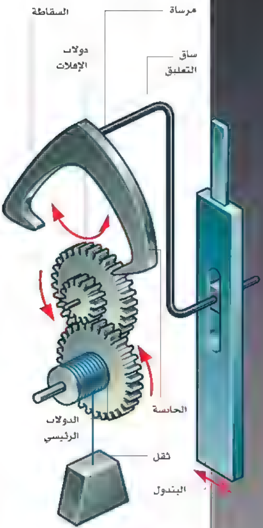


البندول الثابت

غاليليو هو أول من لاحظ ثبات معدل اهتزاز البندول. فمتابعة تأرجح ثريا معلقة في سقف كاتدرائية بيزا، وباستخدام نبضات قلبه، توصل إلى أن معدل الاهتزاز يعتمد فقط على طول خيط البندول، ولا يعتمد على الثقل المعلق في نهايته أو على السعة الزاوية للاهتزاز (بشرط أن تكون زاوية السعة صغيرة جدا). وبالمصطلحات الرياضية المعاصرة نقول بأن زمن الاهتزازة الكاملة (يسمى الزمن الدوري) يتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لطول البندول. يبلغ طول خيط بندول الثانية الواحدة، مثلاً، 39 بوصة (99 سم).

▶ صُنع النموذج المبين لساعة البندول في القرن التاسع عشر استناداً إلى رسومات فيفياني لتصميم غاليليو (انظر أقصى اليمين). ليس من الواضح في النموذج مصدر طاقة حركة البندول، لكن الاحتمال الأكبر استخدام جسم ساقط لهذا العرض.





▲ في الساعة الميكانيكية تتحكم آلية، تسمى بآلية الإفلات، في معدل «هروب» الطاقة من الثقل. يوفر نظام إفلات المرساة لبندول مهتز حركة تأرجحية للمرساة. وبذلك يتحرك الدولاب عند حركة المرساة في أحد الاتجاهين ويتوقف عند تأرجحها في الاتجاه الآخر، مما يسمح بإطلاق طاقة الجسم الساقط بشكل تدريجي وبالتالي إلى دوران الدولاب الرئيسي. يثبت عقرب الساعات بمحور الدولاب الرئيسي.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1644 يصف العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) البقعة الحمراء الكبيرة لكوكب عطارد (وهو جزء مميز من مساحة الكوكب يعرف الآن بأن سبب تكونه حدوث عاصفة في غلافه الجوي). ويقدم هوك في السنة نفسها فرضية مفادها أن قوة الجاذبية بين الشمس والكواكب سبب بقاء الأخيرة في أفلاكها.



اكتشف روبرت هوك عام 1664 البقع الحمراء على سطح كوكب عطارد. وتتكون هذه البقع من عواصف عاتية دائمة في الغلاف الجوي العلوي للكوكب.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1661 ينشر العالم الإيرلندي **روبرت بويل** (1627-91) مؤلفه *الكيميائي المرتاب* والذي يعرف فيه العناصر الكيميائية لأول مرة. ويضع بعد سنة قانون بويل، الذي ينص على أن ضغط الغاز يتناسب عكسياً مع حجمه وذلك في حالة ثبوت درجة الحرارة.

1665 يضع العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) النظرية الموجية للضوء، لكن الوسط العلمي يتجاهل في غالبه نظريته إلى أن ينبري لتبنيها **كريستيان هويجنز** عام 1678.



حقق العالم روبرت بويل إنجازات في مجالات علمية مختلفة لكنه خلد لأبحاثه على الغازات بشكل خاص.

1668 يفترض عالم الرياضيات الإنجليزي جون والس (1616 – 1703) مبدأ حفظ الزخم (كمية الحركة) الخطي الكلي عند تصادم الأجسام. يعرف المبدأ بقانون حفظ الزخم الخطي: المجموع الكلي للزخم الخطي (السرعة x الكتلة) للأجسام قبل التصادم يساوي المجموع الكلي للزخم الخطي بعد التصادم. (المترجم: قانون حفظ الزخم الخطي نتيجة حتمية لقانون الفعل ورد الفعل لينوتن).

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1660 يكتشف الفيزيائي الفرنسي إديميه ماريوت (1620 – 84) البقعة العمياء في شبكية العين (النقطة التي تتصل عندها القرينة بالعصب البصري).

1665 يبتدع العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) مفردة «الخلية» لوصف «الصناديق الصغيرة» التي يشاهدها في الخلايا النباتية باستخدام مجهر مركب من اختراعه.

1665 يقوم الطبيب الإنجليزي ريتشارد لور (1631 – 91) بأول عملية نقل دم، من كلب إلى آخر، وبعد سنتين يقوم الطبيب الفرنسي جين دنس بنقل دم ماعز إلى إنسان (يموت المريض بالطبع).

1666 يستحدث الطبيب الإنجليزي توماس سايدنهام (1624 – 89) استخدام مركبات الحديد لعلاج مرض فقر الدم.

1669 يصف عالم الطبيعيات الهولندي يان سوامردام (1637 – 80) تحوّل أطوار الحشرات – مجموعة التحوّلات من البيضة إلى اليرقة فالخادرة فالحشرة المكتملة النمو المسماة باليافعة (كالأطوار التي تمر بها الفراشة مثلا).

1670 يكتشف الطبيب الإنجليزي توماس ولز (1621 – 75) وجود السكر في بول المرضى المصابين بداء السكري.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1660 يصمم العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) آلية إفلات مزودة بمرساة للتحكم في إدارة ساعة البندول.

1661 يبتكر العالم الهولندي **كريستيان هيوجنز** (1629 – 95) المانوميتر، آله لقياس ضغط الغازات.

1663 يقترح عالم الرياضيات والمخترع الإسكتلندي **جيمس غريغوري** (1638 – 75) تصميماً لتصنيع مقراب عاكس.

1664 يبتدع المهندس الإيطالي جيوسيبي كامباني (1635 – 1715) مخرطة لتشكيل العدسات (لتصنيع عدسات الآلات البصرية).

1666 يبتكر المهندس الفرنسي جين دي ثيفنوت (1620 – 92) ميزان التسوية (الشاقول الأفقي).

1667 يبتكر العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) جهاز الأنيموميتر، جهاز لقياس سرعة الريح. يستخدم مقياس الرياح في مرحلة لاحقة في تطبيقات مهمة عدة في دراسة الأرصاد الجوية.

1668 يُشيّد العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) مقراباً عاكسا.

1670 يبتكر صانع النبيذ الفرنسي دوم بيرغنون (1638 – 1715) شراب الشمبانيا.

1674 يطور صانع الزجاج الإنجليزي جورج رافنسكروفت (1618 – 81) الزجاج الرصاصي البلوري.

1674 يبتكر المهندس العسكري الهولندي مينو فون كوهورن (1641 – 1704) مدافع الخنادق (الهاون).

انظر أيضا ساعة البندول 4: 12-13؛ المقاريب (التلسكوبات) 4: 24-25

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1665 يبتكر العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) نظرية ذات الحدّين – نظرية أساسية في علم الجبر تُعنى بفك المتوالية $(x + y)^n$. تعد النظرية واحدة من الإسهامات الكثيرة لنيوتن في الرياضيات.

1666 يرصد الفلكي الإيطالي جيوفاني كاسيني (1625 – 1712) القلنسوة الجليدية القطبية على سطح المريخ. (نعلم الآن بأن «الجليد» يتكون في غالبه من ثاني أكسيد كربون متجمد).

1667 يخترع الفلكي الفرنسي جين باكارد (1620 – 82) نموذجاً خاصاً لمايكروميتر العدسة العينية لإجراء قياسات دقيقة باستخدام مقراب فلكي.

1670 يقيس الفلكي الفرنسي جين باكارد (1620 – 82) طول جزء من دائرة خط الزوال (إحدى خطوط الطول)، ويمكن بذلك قياس طول محيط الأرض بدقة.

1671 يكتشف الفلكي الإيطالي جيوفاني كاسيني (1625 – 1712) ثالث أكبر قمر من أقمار كوكب زحل يسمى لابيتوس (وذلك بعد اكتشاف القمرين تيتان والريا).

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1669 يكتشف العالم الدنماركي إيراموس بارثولن (1625 – 98) ظاهرة الانكسار المزدوج –عند مشاهدة جسم من خلال بعض البلورات (من مثل بلورات الجليد اللماعة) تظهر صورتان. بقيت الظاهرة سراً حتى عام 1808عندما فسرها الفيزيائي الفرنسي إيتيني مالوس (1775 – 1812).

1669 يكتشف الكيميائي الألماني هننغ براند (حوالي 1630 – حوالي 92) الفوسفور (في البول). ويعتبر هذا أول اكتشاف لعنصر جديد منذ عصور ما قبل التاريخ.

1669 يصوغ الكيميائي الألماني يوهان بكر (1635 – 1682) نظرية الفلوجستون (أو اللاهوب) لتفسير عملية الاحتراق، (وهي نظرية خاطئة تنص على أن المواد تنقص كتلتها بتحريرها «الفلوجستون» خلال اشتعالها).

1671 يبرهن العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) على تفريق المنشور الزجاجي للضوء الأبيض (ضوء الشمس مثلاً) إلى طيف ألوان قوس قزح – تعرف الظاهرة بتشتت الضوء.



يعتبر إسحق نيوتن أول من حلّل الضوء الأبيض إلى الوان قوس قزح، وذلك عام 1671.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1672 يتعرف عالم الطبيعيات الهولندي يان سوامردام (1637 – 80) على المبايض في البشر. كما أن مواطنه عالم التشريح ريجنير دي غراف (1641 – 73) يكتشف في السنة نفسها تجويفات صغيرة في البيض (تُعرف بتجويفات غرافيان) الموجود في المبايض.

1673 يبدأ العالم الهولندي أنتوني فان ليوفنهوك (1632 – 1723) كتابة الرسائل إلى الجمعية الملكية في لندن الحديثة التأسيس، شارحا مشاهداته باستخدام المجهر.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



كان دوم بيير بيرغون («دوم» لقب كنسي تنعم به الكنيسة الكاثوليكية في روما) راهباً بندكتينياً فرنسياً وهو من طور شراب الشمبانيا. صنعت شعوب جنوبي أوروبا النبيذ منذ عصور قدماء الإغريق والرومان ونالت المناطق الواقعة على امتداد وادي نهر المارن شهرة كبيرة لكرومها من نوع شاردونيه الذي ينتج نبيذاً ابيض فاخرا. يتم تصنيع الشمبانيا بتخمير عنب شاردونيه في راقود (وعاء ضخم للسوائل). ومن ثم يضاف إلى العصير المخمر نبيذ من إنتاج سنوات سابقة وسكر وخميرة قبل أن يعبأ الخليط في آنية زجاجية سميكة خضراء اللون. يتخمر النبيذ مجدداً في الوعاء ويؤدي الغاز الناتج (ثاني أكسيد الكربون) إلى تصنيع فوار يعرف بالشمبانيا، وبتعبير مناسب يعرف أيضا بالنبيذ «الفقاعي». أما إذا تم التخمير الثاني دون إضافة بعض النبيذ من السنوات السابقة فينتج شمبانيا «الخل». ولد دوم بيرغنون في مدينة سينت مينيهولد لأبٍ يعمل في سلك القضاء وسمي بيير بيرغنون. التحق بدير يتبع الفرقة البندكتينية عند بلوغه سن التاسعة عشر، وأصبح خلال عشر سنوات مسئول قبو النبيذ في كنيسة هوتفلرز. تمتلك اليوم شركة موت وتشادون العلامة التجارية لاسم دوم بيرغنون.

البارومیتر والفراغ
THE BAROMETER AND VACUUMS

نعلم أن للهواء كتلة وأن الضغط الجوي نتيجة لوزن الهواء الذي يضغط إلى الأسفل على جسم على سطح الأرض. لكن هذه الأقوال لم تكن تؤخذ دوماً باعتبارها حقائقا. قام عالم إيطالي خلال الأربعينيات من القرن السابع عشر بمحاولة قياس ضغط الهواء، لكنه في سعيه هذا أثبت وجود الفراغ وابتكر جهاز البارومیتر (مقياس الضغط الجوي).



▲ انتج ايفانجلستا تورتشيللي الفراغ لأول مرة خلال إجرائه تجاربه على الضغط الجوي، قادت نتائجه إلى ابتكار البارومتر الزئبقي كما اثبتت بشكل قاطع وجود الفراغ.

تأهل **إيفانجلستا تورتشيللي** (1608 – 47) ليكون عالم رياضيات والتحق عام 1641 مساعداً للكهل *غاليليو* (1564 – 1642)، الذي أكد دوماً على عدم وجود شيء اسمه الفراغ. في عام 1645، وبمعاونة مساعده فنسنزو فيفياني (1622 – 1703) ملأ تورتشيللي أنبوبا مغلقاً من طرف واحد بطول 66 قدماً (2 م)، ملأه بالزئبق. وبوضع إبهامه على الطرف المفتوح قلب تورتشيللي الأنبوب في وعاء مملوء بالزئبق وأبعد إبهامه بعد استقرار الأنبوب في الوعاء. تسرب بعض الزئبق من الأنبوب إلى الوعاء ونزل منسوب سطح الزئبق فيه إلى حوالي 30 بوصة (76 سم). وطرح السؤال البدهي حينئذ نفسه: ما الذي منع الزئبق كله من التسرب إلى الإناء؟

قاد التحليل المنطقي تورتشيللي إلى القول بأن وزن الهواء الجوي يضغط على سطح الزئبق في الوعاء بقوة تعادل وزن الزئبق المتبقي في الأنبوب. وبذلك فإن ارتفاع الزئبق في الأنبوب قياس لمقدار الضغط الجوي. يعرف مثل هذا الجهاز بالبارومیتر (مقياس الضغط الجوي). لاحظ تورتشيللي أيضا اختلاف طول عمود الزئبق بشكل طفيف من يوم لآخر اعتماداً على الطقس، واستنتج من ذلك اختلاف الضغط الجوي يوميا. أضاف عالم الرياضيات الفرنسي **رينيه ديكارت** (1596 – 1650) مسطرة عمودية مدرجة إلى بارومیتر تورتشيللي واستخدم هذا النموذج المعدل لتسجيل رصده لحالة الطقس. الضغط الجوي عامل مهم لمتنبئي الأحوال الجوية حتى في يومنا هذا. ويقاس الضغط أحياناً بوحدة بوصة أو ميلليمتر زئبق – الضغط الجوي «الطبيعي» (العياري) يساوي 30 بوصة زئبق (760 مم زئبق).

يعتمد مقدار الضغط الجوي على الارتفاع عن سطح البحر. فالضغط الجوي على قمة جبل، مثلا، أقل من الضغط الجوي عند سفحه. (يساوي الضغط الجوي خارج طائرة نفاثة على ارتفاعات شاهقة الصفر تقريبا). في عام 1771، اي بعد أكثر من قرن من وفاة تورتشيللي، بدأ عالم الجيولوجيا السويسري جين ديلوك (1727 – 1817) باستخدام بارومتر حساس لقياس ارتفاعات الجبال. ولقياس الارتفاعات التي تصلها الطائرات يستخدم نموذج معدل للبارومیتر يسمى الألتيميتر (مقياس الارتفاع)، ولكنه بالطبع ليس النوع الزئبقي.

نظراً لكبر حجم بارومیتر تورشيللي فمن الصعب حمله من مكان لآخر، وإن قام جين ديلوك بحمل واحد إلى قمة جبل. ابتكر نيكولاس فورتن (1750 – 1831) بارومتراً زئبقياً محمولا، وذلك بوضع خزان الزئبق في كيس جلدي. بإدارة برغي يمكن تطبيق ضغط بسيط على الحافظة الجلدية حتى يتساوي سطح الزئبق مع مستوى مؤشر، وبوجود تدريج ورني (ورنية) في قمة الأنبوب يمكن تسجيل قراءة دقيقة للضغط.

عودة إلى تجربة تورتشيللي، يبرز التساؤل عما يحتويه الحيز فوق سطح الزئبق في أعلي الأنبوب المقلوب؟ الجواب المباشر لسؤالنا هو «لا شيء». ما يحتويه هذا الحيز في حقيقته ليس إلا الفراغ، حيز من الفضاء لا يحتوي شيئاً على الإطلاق. وسرعان ما وجد العلماء حاجة لدراسة الفراغ وتأثيراته، ولذلك برزت الحاجة إلى إيجاد طريقة لإنتاجه في المختبر. في عام 1654 ابتكر الفيزيائي وعمدة مدينه ماغدبيرج في ألمانيا أوتو فون غيروك (1602 – 86) أول مضخة هواء، وسميت بهذا الاسم لأنها صممت لإخراج الهواء من وعاء ما. (نسمي اليوم هذه الآلات بمضخات الفراغ أو التفريغ أو المضخات الخوائية). استخدم فون غيروك المضخة لتفريغ الهواء في الحيز بين زوج نصف كرويين من النحاس فأصبحتا مشدودتين مع بعضهما بواسطة الضغط الجوي. كانت قوة الجذب كبيرة إلى درجة عدم تمكن 16 حصانا من إبعاد نصفي الكرتين عن بعضهما. عرف جهاز عرض فوق غيروك بكرتي ماغدبيرج.



تواريخ مفصلية

1645 ابتكار البارومتر الزئبقي.

1654 عرض كرتي ماغدبيرج.

1703 تصنيع المضخة الخوائية لهوكسبي.

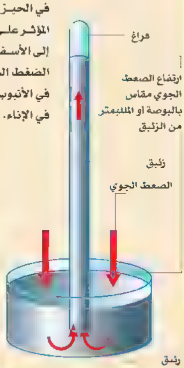
1771 استخدام البارومیتر كألتيميتر.

1855 اختراع المضخة الخوائية لغايسلر.

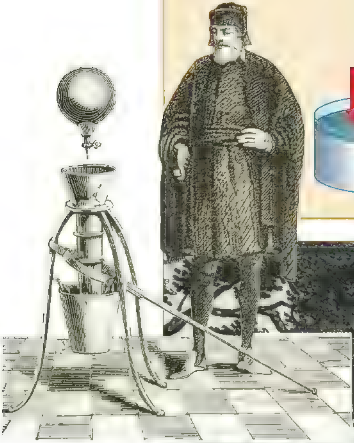
1865 ابتكار مضخة بخار الزئبق (المضخة الانتشارية) لسبرنجل.

البارومیتر الزئبقي

لإعادة إجراء تجربة تورشيللي يُملأ الأنبوب الزجاجي المغلق من طرف واحد بالزئبق ومن ثم يقلب رأساً على عقب في إناء يحتوي على الزئبق. ينزل منسوب الزئبق في العمود قليلاً، مكوناً فراغاً في الحيز فوقه. يوازن الضغط الجوي المؤثر على سطح الزئبق في الإناء إلى الأسفل ثقل عمود الزئبق. يقاس الضغط الجوي بارتفاع عمود الزئبق في الأنبوب من مستوى سطح الزئبق في الإناء.



تتابع تحسين المضخات الخوائية لتصبح أكثر كفاءة من سابقاتها. ففي عام 1703 صنع الفيزيائي الإنجليزي فرانسيس هوكسبي (حوالي 1666 – 1713) مضخة استخدمها العالم الإيرلندي روبرت بويل (1627 – 91) في دراسته الهواء والغازات الأخرى. وفي عام 1855 استعان الفيزيائي الألماني هنريخ غايسلر (1815 – 79) بمضخة من ابتكاره لدراسة ظاهرة التفريغ الكهربائي تحت ضغط منخفض، وبعد عشر سنوات طور العالم البريطاني الألماني الأصل هيرمان سبرنجل (1834-1906) مضخة غايسلر لإنتاج فراغ عال (ضغط منخفض للغاية). تعرف مضخة سبرنجل، التي مازالت تستخدم اليوم، بمضخة بخار الزئبق (أو المضخة الانتشارية) وفيها «يأسر» بخار الزئبق جزيئات الهواء ويحملها خارج الحيز المراد تفريغه. للمضخة الانتشارية تطبيقات علمية عديدة من بينها اكتشاف الغازات النادرة (المترجم: تسمى أيضاً الغازات الخاملة أو النبيلة) واكتشاف الإلكترون وابتكار مصباح الإضاءة علاوة على تطبيقات أخرى.



▼ استخدم أوتو فون غيروك في التصميم الأصلي لمضخته الخوائية رافعة طويلة لتحريك مكبس إلى الأعلى والأسفل موضوع في أسطوانة عمودية.



◀ كرتا ماغدبيرج الشهيرتان ليستا إلا نصفي كرة من النحاس. بعد تفريغ الحيز بين الكرة من الهواء لم تتمكن مجموعة من 16 حصانا من إبعادهما عن بعضهما.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1675 يكتشف الفلكي الإيطالي **جيوفاني كاسيني** (1625 – 1712) الفجوة الرئيسة في حلقة زحل التي تعرف حاليا بفجوة كاسيني.

1675 الانتهاء من تشييد المرصد الملكي في غرينتش قرب لندن ويطلق على خط الزوال المار بالمرصد اسم خط غرينتش (عند خط طول 0°).



في الصورة المرفقة داخل مرصد غرينتش يستخدم الفلكي على اليسار آلة ذات الربع، بينما يرصد الآخر على اليمين مستخدماً مقراباً طويلاً.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1675 يطرح العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) النظرية الجسيمية للضوء: يسير الضوء كدقائق جسيمية بسرعة هائلة. لم ينشر نظريته حتى عام 1704.

1676 يطرح الفيزيائي الفرنسي إديميه ماريوت (1620 – 84) قانون ماريوت وهو قانون يتطابق مع قانون بويل الذي أعلنه عام 1662: عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب ضغط الغاز عكسياً مع الحجم الذي يشغله.

1676 يعلن العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) عن قانون هوك ونصه إذا زيد طول جسم مرن فإن الجُهد (القوة لوحدة المساحة) يتناسب مع الإجهاد (التغير في أبعاد الجسم). يختصر هوك تعبير قانونه باللاتينية بما ترجمته بمقدار القوة المطبقة يكون التمدد.

1676 يقيس الفلكي الدنماركي أوول رومير (1644 – 1710) سرعة الضوء، رغم أن نتيجته خاطئة.

1678 يتبنى العالم الألماني **كريستيان هويجنز** (1629 – 95) النظرية الموجية للضوء التي نادى بها العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703): ينتشر الضوء كسلسلة من الموجات.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1676 يقدم العالم الألماني **أنتوني فان ليوفنهوك** (1632 – 1723) تقريراً حول مشاهداته للبكتيريا باستخدام مجهر بسيط صنع بنفسه عدساته. وبعد سنة يسجل مشاهدته للحيوان المنوي لدى البشر.

1681 ينقرض طائر الدودو (*رافوس كوكولاتوس*) في جزيرة موريشيوس الواقعة في المحيط الهندي. طائر الدودو طير داجن كبير الحجم ينتمي إلى عائلة الحمام.



كان وزن الدودو حوالي 50 رطلاً (23 كجم) وأكبر حجماً من الديك الرومي.

1682 يصف عالم النبات الإنجليزي نيهيماه غرو (1641 – 1712) الأجزاء الذكرية والأنثوية في النباتات.

1683 يقدم الطبيب الإنجليزي توماس سايدنهام (1624 – 89) أول وصف كامل لداء النقرس (داء المفاصل).

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1675 يخترع العالم الألماني **كريستان هيوجنز** (1629 – 95) الميزان المهتز وضابط النابض الشعري لاستخدامهما في ساعات الحائط.



1675 يبتكر صانع الساعات الإنجليزي توماس توميون (1659 – 1713) ساعة بنظام إفلات ذي نابض شعري.

1675 يبتكر العالم الإيرلندي **روبرت بويل** (1627 – 91) الهايدرومتر – مقياس الوزن النوعي- (جهاز لقياس الكثافة النوعية للسوائل). يجد الابتكار تطبيقات مهمة في العلوم والصناعة.

1676 يخترع العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) الوصلة الجامعة (تستخدم في توصيل محوري دوران موضوعين بزاوية بينهما).

صنع توماس توميون الساعة المزخرفة المبينة وتعود إلى الفترة ما بين عامي 1700 – 1710.

1679 يبتدع الكيميائي وصانع الزجاج الألماني يوهان كنكل (حوالي 1630 – حوالي 1702) نوعاً من الزجاج الأحمر يستخدم في تصنيع الياقوت الصناعي.

1679 يبتكر الفيزيائي الفرنسي **دنيس بابن** (1647 – 1712) الهاضم البخاري، الذي يعتبر مقدمة اختراع أواني الضغط للطبخ.

1680 يصنع الساعاتي الإنجليزي دانيال كوير (1648 – 1724) الساعة الدقاقة، وهي الساعة التي تعلن الوقت بداية كل ساعة وتعيد دق الجرس بالضغط على زر خاص.

انظر أيضا ساعات الحائط والساعات اليدوية 3: 22-23؛ اسحق نيوتن 4: 20-21

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1679 يستحدث عالم الرياضيات الألماني غوتفرايد ليبنز (1646 - 1716) الحساب الثنائي (الرقمي)، الذي يستخدم فيه عددان فقط. يستند عمل جميع الحاسبات اليوم على هذا النظام.

1682 يرسم الفلكي الإنجليزي إدموند هيلي (1656 – 1742) مسار مذنب هيلي. وفي عام 1705 يتنبأ عودة المذنب عام 1758 وتتحقق نبوءته.

1683 يبتكر عالم الرياضيات الياباني سيكي كوا (1642 – 1708) رياضيات المحددات. المحددة مصفوفة مربعة من الأعداد (العناصر) وتساعد على حل المعادلات الجبرية الآنية ومسائل أخرى في الرياضيات.

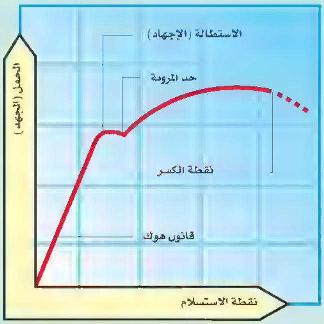
1684 يكتشف الفلكي الإيطالي جيوفاني كاسيني (1625 – 1712) قمري زحل دايون وثيتاز.

1687 يكتشف الفلكي الألماني غوتفرايد كيرتش (1639 – 1710) أن نجمي زيتا وسجني (الدجاجة) نجمان ثنائيان.

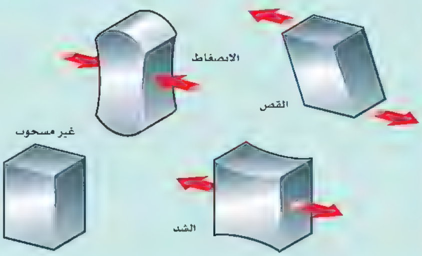
الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1679 يصوغ العالم الإنجليزي روبرك هوك (1635 – 1703) قانون التربيع العكسي لقوة الجاذبية.

1687 ينشر العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (01642 – 1727) مؤلفه الأهم *المبادئ* يضمنه نظرياته المختلفة في عام الفلك والرياضيات والفيزياء.



اليسار: يبين الرسم البياني أنه عند تمدد قطعة معدنية بالسحب تتناسب الزيادة في الطول (الإجهاد) بداية مع وزن الحمل (الجَهد). خلال هذه المرحلة يتبع المعدن قانون هوك الذي وصفه عام 1676 والذي ينص على التناسب الطردي بين الجَهد والإجهاد. لكن المعدن يستطيل لتتغير أبعاده بشكل دائم بعد حد المرونة ولا يمكن أن يعود لطوله الأصلي إذا أبعدنا تطبيق الجَهد. عند نقطة الاستسلام، يستسلم المعدن وتزداد الاستطالة بشكل سريع بزيادة الجَهد المطبق عليه بمقدار بسيط مؤديا إلى كسره في نهاية المطاف.

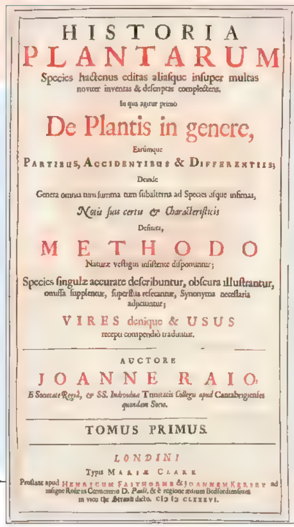


اليمين. الأنواع الثلاثة للإجهاد. عند كبس المادة يحدث الانضغاط، وينتج القص عند سحب السطحين العلوي والسفلي باتجاهين متضادين، أما الشد فنتيجة لتطبيق قوة سحب واحدة.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1683 انقراض الخنزير البري (*سوس سكروفا*) في الجزر البريطانية.

1686 يبتدع عالم الطبيعيات الإنجليزي جون ري (1627 – 1705) مفردة «الأنواع» للتعبير عن مجموعة النباتات المتداخلة في عملية تكاثرها.



HISTORIA
PLANTARUM
Species hactenus editas aliasque insuper multas noviter inventas & descriptas complectens.
In qua agitur primò
De Plantis in genere,
Earúmque
PARTIBUS, ACCIDENTIBUS & DIFFERENTIIS;
Deinde
Genera omnia tum summa tum subalterna ad Species usque infimas,
Notis suis certis & Characteristicis
Definita,
METHODO
Naturæ vestigiis insistente disponuntur;
Species singulæ accurate describuntur, obscura illustrantur, omissa supplentur, superflua resecantur, Synonyma necessaria adjiciuntur;
VIRES denique & USUS
recepti compendiò traduntur.
AUCTORE
JOANNE RAIO
E Societate Regiâ, & SS. Individuæ Trinitatis Collegii apud Cantabrigienses quondam Socio.
TOMUS PRIMUS.
LONDINI
Typis MARIÆ CLARK
Prostant apud HENRICUM FAITHORNE & JOANNEM KERSEY ad insigne Rosæ in Cœmeterio D. Pauli, & è regione ædium Bedfordiensium in vico the Strand dicto. CIↃ IↃ CLXXXVI.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1680 يخترع العالم الإيرلندي روبرت بويل (1627 – 91) عود ثقاب مكوناته مزيج من الكبريت والفسفور. ورغم أن اشتعال العود ينتج غازاً ساماً كريه الرائحة بقي لأكثر من 200 سنة «ثقاب الإشعال» الأساسي.

1687 يبتدع الفيزيائي الفرنسي غليوم أمونتونس (1663 – 1705) الهايغرومتر – المِرطاب – (لقياس نسبة الرطوبة في الهواء).

1689 يطور صانع آلات النفخ الخشبية الألماني يوهان دنر (1655 – 1707) آله الكلارينت – المزمار – (كآلة موسيقية ذات قصبة واحدة دون مفاتيح).

نشر جون ري مؤلفاً من ثلاثة مجلدات في تاريخ النباتات، هستوريا بلانتاريوم، ما بين عام 1686 و 1704 استحدث ري نظاماً لتصنيف النباتات وادخل مصطلح «الأنواع» للتعبير عن أعضاء المجموعات التي تتوالد فيما بينها. وبسبب كتاباته في علم النبات نال ري لقب «أبو التاريخ الطبيعي».

إسحق نيوتن (1642–1727)
ISAAC NEWTON

هو من أوائل العلماء الذين يستحقون بجدارة لقب عبقري، إذ أنه حقق اختراقات أساسية في علم الرياضيات كما أسس القوانين الأساسية التي تعتبر حجر زاوية علوم الفلك والفيزياء. وهو أول عالم يُنعم عليه لقب فارس، وخُلّد اسمه – نيوتن– كوحدة للقوة في النظام المعاصر للوحدات الدولية.

ولد إسحق نيوتن شرقي إنجلترا. ربته جدته ودرس في المدارس المحلية في المنطقة قبل أن ينتقل إلى كلية ترنتي (بجامعة كيمبردج). حصل على الإجازة الجامعية الأولى – البكالوريوس – عام 1665، لكنه أضطر إلى البقاء في الريف نتيجة انتشار الوباء في لندن حينذاك. في بداية حياته العملية ركز نيوتن جهده في مجال الرياضيات باحثاً في مبادئ «التغيرات المستمرة» لتؤدي أبحاثه إلى ابتكار حسبان التفاضل.

عين نيوتن عام 1667 مدرساً بكلية ترنيتي ليصبح أستاذاً في الرياضيات عام 1669. حول نيوتن اهتماماته إلى دراسة الحركة – ما الذي يجعل الأجسام تبدأ الحركة، وما الذي يعمل على إيقافها؟ وتلخص القوانين الثلاثة لنيوتن في الحركة نتائج ما توصل إليه. يمكن للمرء إن يري تطبيقات القوانين الثلاثة في لعبة البليارد، لكنه بالطبع ليس بحاجة لأن يكون فيزيائيا ليلعب بمهارة.

كان الإسهام الثاني لنيوتن ذا أثر جذري على علم الفلك. وبحسب القصة الشائعة، بينما كان نيوتن جالساً تحت الشجرة سقطت تفاحة منها عليه. لم سقطت التفاحة؟ استنتج نيوتن أن سقوطها نتيجة لانجذابها بقوة نحو الأرض، وهي قوة نطلق عليها مسمى قوة الجاذبية. استنتج نيوتن أيضاً أن الأجسام تتحرك كأن كتلتها مركزة في نقطة بداخلها، مركز الثقل (نستخدم اليوم تعبير مركز الكتلة). بتطبيق قوانينه الثلاثة في الحركة استنبط نيوتن أن جميع الأجسام في الكون تتأثر بقوة الجاذبية – قوة الجاذبية هي سبب دوران القمر في مداره حول الأرض، وكذلك دوران الأرض في مدارها حول الشمس. توصل نيوتن إلى علاقة رياضية، قانون الجذب الكوني، تنص على وجود قوة جاذبة بين أي جسمين – بين كرتي بليارد أو حتى بين نجمتين – تساوي حاصل ضرب الكتلتين مع بعضهما وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما.

«إذا نجحت في النظر أبعد من غيري فإن مرد ذلك وقوفي على أكتاف عمالقة»

«دايموند ... دايموند لست مقدراً للرزية الكبرى التي سببتها» (مخاطبا كلبه دايموند الذي قلب شمعه فاشتعلت النار في بعض الأوراق التي استغرقت كتابتها سنيناً من حياته).

إسحق نيوتن

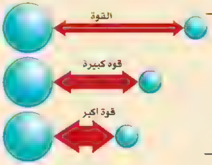
صاغ العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) حوالي عام 1678 قانوناً لقوة الجاذبية نشره بعد سنتين. وبسبب ذلك نشأت عداوة مريرة بين القطبين الكبيرين.

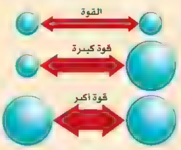
في مجال البصريات تركزت دراسات نيوتن على فهم طبيعة الضوء. ومن ضمن إنجازاته إمراره حزمة من الضوء الأبيض عبر منشور زجاجي، وبذلك فصل نيوتن الحزمة إلى مجموعة ألوان الطيف المرئي، وهي مجموعة الألوان التي نشاهدها من خلال قطرات المطر. برهن نيوتن على أن الضوء الأبيض يتكون من

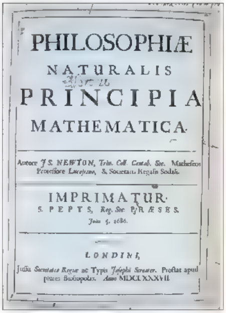
قوانين نيوتن

تعنى قوانين نيوتن الأساسية بموضوعين رئيسيين في الفيزياء: الجاذبية والحركة. يتناول قانون الجاذبية قوة الجذب بين أيه كتلتين. تعتمد شدة القوة على المسافة بين الكتلتين (كلما صغرت المسافة بينهما نحتاج لتطبيق قوة أكبر لإبعادهما عن بعضهما). كذلك تعتمد شدة القوة على مقدار الكتلتين (كلما كبرت الكتلتان احتجنا قوة أكبر لإبعادهما عن بعضهما). وبلغة الرياضيات، تتناسب قوة الجذب بين كتلتين طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

ينص القانون الأول لنيوتن على أن الجسم يبقى على حالته من سكون أو حركة منتظمة السرعة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تعمل على تغيير ذلك. وبحسب منطوق القانون الثاني تعرف القوة بأنها المؤثر الخارجي الذي يعمل على إكساب الجسم عجلة (القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة في العجلة). وأخيرا ينص القانون الثالث لنيوتن على أن لكل «فعل» (القوة التي يؤثر بها جسم على آخر) «رد فعل» (القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني على الأول) مساوٍ له في المقدار ومضاد في الاتجاه.






PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.
Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.
IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.
LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

▲ من أهم كتب العلوم على مر العصور كتاب *المبادئ* الذي ألفه إسحق نيوتن. يبحث الكتاب في نظريات علوم الفلك والرياضيات والفيزياء.

تواريخ مفصلية

1665 نظرية ذات الحدين (رياضيات).

حوالي 1665 قانون الجاذبية ومركز الثقل.

1668 التلسكوب الانكساري لنيوتن.

1671 تحليل الضوء الأبيض إلى طيف.

1675 النظرية الجسيمية للضوء.

1687 نشر كتاب المبادئ.

1704 نشر كتاب البصريات.

انظر أيضا تطورات في الرياضيات **3**: 10–11؛ المقاريب (التلسكوبات) **4**: 24–25؛ طبيعة الضوء **4**: 28–29

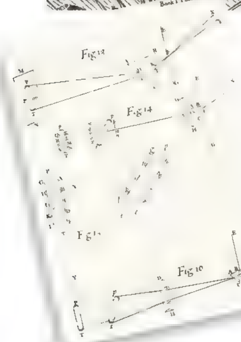


▲ إن كنا من مصدقي القصة الشائعة، فقد صاغ نيوتن قانون الجاذبية عندما شاهد تفاحة تسقط من شجرة على الأرض بينما كان مسترخياً تحتها في البستان.

مجموعة مختلفة من الألوان. (بحسب مصطلحات العصر نقول إن الضوء الأبيض يتكون من عدد من الأطوال الموجبة). في تلك الأيام كانت الصور التي تنتجها المقاريب محاطة بطيف من الألوان نتيجة لرداءة العدسات المستخدمة التي تركز كل لون في موقعٍ مختلفٍ عن موقع تركيز الألوان الأخرى. تغلب نيوتن على هذه المعضلة باستخدام المرايا بدلاً من العدسات فابتكر عام 1668 أول مقرابٍ عاكس بمرآة من صنعه نفسه.

اعتنق نيوتن مبدأ إن الضوء يتكون من «دفق» من أجسام دقيقة «جسيمات»، لكن النظرية الجسيمية للضوء كانت محل تحدٍ بينه وبين **كريستيان هويجنز** (1629 – 95) وعلماء آخرين الذين أخذوا بفرضية انتشار الضوء بشكل موجي. بقي الجدل بين المدرستين محتدماً حتى أوائل القرن العشرين عندما برهن الفيزيائيون أن الضوء يحمل الصفات الجسيمية والموجبة معاً، لكن الوصول إلى هذه النتيجة كان مرهوناً بتطور نظرية الكم.

انتخب نيوتن عام 1703 لرئاسة الجمعية الملكية، كما قُلد وسام الفروسية بعد عامين. ومع لقبه الجديد، السير إسحق نيوتن، هطلت عليه مكارم عديدة. وكان آخر تكريم له قيام الدولة بحفل تشييع رسمي له ودفنه في مدافن كنيسة ويستمنستر في لندن. ومازال اسم نيوتن خالداً في أيقونة وحدة القوة في النظام الدولي للوحدات، النيوتن، (مقدار القوة التي إذا طبقت على جسم كتلته كيلو جرام واحد أكسبته عجلة تساوي متراً واحداً للثانية لكل ثانية).



◄ الصفحة المأخوذة من كتاب نيوتن البصريات المنشور عام 1704 تبين انقسام شعاع ضوء أبيض مارٍ خلال منشور زجاجي إلى ألوان الطيف.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1694 يقترح العالم الإيطالي كارلو رينالديني (1615 – 98) استخدام درجتي التجمد والغليان للماء «نقاطاً ثابتة» على تدريج الترمومیتر (مقياس الحرارة).

1697 يتزعم الكيميائي الألماني جورج ستاهل (1666 – 1734) تأييد النظرية الفلوجستينية (الخاطئة) التي وضعها يوهان بكر (1635 – 82) لتفسير عملية الاحتراق عام 1669.

1700 يؤسس عالم الرياضيات الألماني غوتفرايد ليبنز (1646 – 1706) معهد برلين، وهو أول معهد رئيسي للعلوم.

1701 يكتشف الكيميائي الهولندي فلهلم هومبيرغ (1652 – 1715) حمض البوريك (يسمى أحياناً حمض البوراسيك).

1701 ينشر الفلكي الإنجليزي إدموند هيلي (1656 – 1742) خريطة للعالم يبين عليها تغيرات المجال المغناطيسي للأرض.

أثبتت خارطة العالم التي رسمها هيلي عام 1701 قيمتها العملية للملاحين نظراً لاحتوائها على تغيرات المجال المغناطيسي للأرض، وبقيت قيد الاستعمال سنين عديدة.

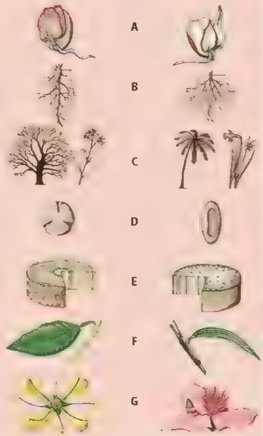
العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

حوالي **1690** يحدد عالم الطبيعيات الإنجليزي جون ري (1627 – 1705) الفروقات بين النباتات أحادية الفلقة والنباتات ثنائية الفلقات.

1691 يضع عالم الطبيعيات الإنجليزي جون ري (1627 – 1705) فرضية مفادها أن الأحافير ليست إلا بقايا كائنات مدفونة منذ أزمان سحيقة.

1691 يكتشف الطبيب الإنجليزي كليبون هيفرز (حوالي 1655 – 1702) قنوات هيفرز، وهي القنوات الدقيقة التي تحمل الأوردة والشرايين الدموية والأعصاب المكونة للشبكة في العظام، كما ينشر أول كتاب متكامل حول العظام في جسم الإنسان.

1694 يبرهن عالم النبات الألماني رودولف كاميراروس (1665 – 1721) وجود جنسي الذكر والأنثى في النباتات.



ميَّز جون ري بين نوعين رئيسيين من النباتات الزهرية، اسماهما أحادية الفلقة وثنائية الفلقات. من أمثلة النباتات أحادية الفلقة النباتات العشبية، من مثل الأرز والذرة والقمح وقصب السكر. أما النباتات ثنائية الفلقات فتشمل أشجار التفاح والأزهار وأشجار البلوط. الفلقة هي ورقة جنينية ترافق بروز الزهريات – أحادية الفلقة لها ورقة بذرية واحدة بينما للنوع ثنائي الفلقات ورقتان بذريتان. ويوضح الرسم المرفق خصائص مميزة أخرى بين النوعين، ثنائية الفلقات على اليسار والأحادية على اليمين.

ثنائي الفلقات: A ورقتان بذريتان، B، وجود جذر رئيسي وتدي في الغالب، C، قابلية الانتشار بما في ذلك الأشجار، D، حبوب اللقاح لها شقوق أو مسامات ثلاثة، E، خلايا وعائية في الساق مرتبة بشكل أسطواني ويحيط بها في الغالب جدار سميك (خشبي). F، أوراق بعروق متفرعة وغالبا ما تحمل البنيرات، G، تتكون الأزهار في الغالب من ثلاثة أو أربعة أجزاء.

أحادي الفلقة: A ورقة بذرية واحدة، B. تتكون الجذور في الغالب من الألياف، C، نباتات صغيرة (باستثناء النخيل)، D، حبوب اللقاح لها شق أو مسام واحد فقط، E، خلايا وعائية منتشرة دون وجود جدار حقيقي، F، الأوراق ذات عروق متوازية مع وجود جراب في الأسفل، G، تتكون الأزهار من ثلاثة أجزاء أو من مضاعفات ثلاثة أجزاء.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1690 يتوصل المهندس الفرنسي دنيس بابن (1647 – 1712) إلى ابتكار دولاب لتسيير القوارب يدار بالبخار والذي يعتبر آلة بخارية بدائية.

1692 انتهاء العمل في قناة أورلين البالغ طوله 46 ميلاً (64 كم) ويصل مدينتي أورلين وباريس، رابطاً بذلك نهر اللور بنهر السين.

1692 انتهاء العمل في قناة دي ميدي بفرنسا من تصميم المهندس بيير – بول ركيت دي بونريبو (1604 – 80)، ويبلغ طول القناة 32 ميلا (51.5 كم). تربط القناة البحر الأبيض المتوسط بالمحيط الأطلسي.

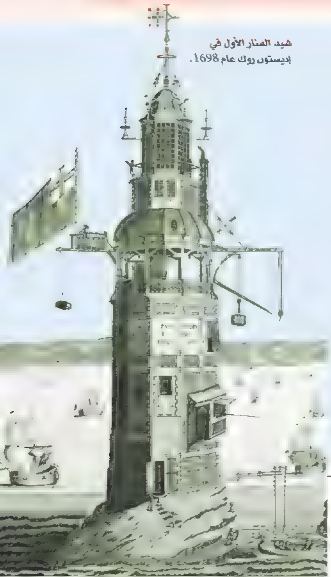
1694 يصنع الساعاتي الإنجليزي دانيال كوير (1648 – 1724) بارومتراً محمولاً.

1697 ينشر المهندس الفرنسي بول هوست (1652 – 1700) كتاب *نظرية تشييد السفن*.

1698 ينتهي المهندس الإنجليزي هنري ونستانلي من تشييد أول فنار في إديستون روك في القناة الإنجليزية. زيد ارتفاع الفنار عام 1699 نظرا لإخماد رذاذ مياه البحر شعلته.

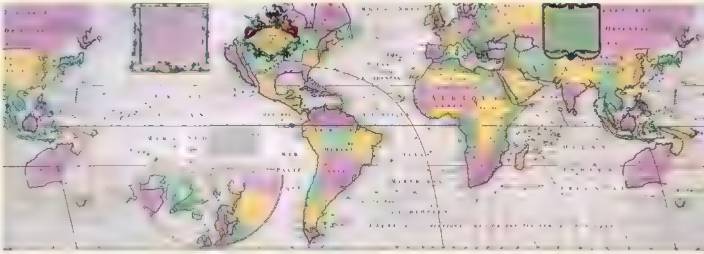
1698 يخترع مهندس التعدين الإنجليزي توماس سيفري (حوالي 1650 – 1715) مضخة البخار وتمثل نواة الآلة البخارية.

1700 يطور المهندس السويدي كريستوف بولهم (1661 – 1751) معامل تصنيع المعادن لإنتاج أدوات حادة الرؤوس.



شيد المنار الأول في إديستون روك عام 1698.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH



1704 ينشر العالم وعالم الرياضيات الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) كتاب *البصريات*، يتبنى فيه النظرية الجسيمية للضوء، كما يفسر من خلالها مفعول العدسات والمناشير.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

حدد رودولف كاميراروس عام 1694 أجزاء التكاثر في النباتات ووصف وظائفها في عملية التخصيب. السداة هو العضو الذكري، أما الأعضاء الأنثوية فهي الميسم وقلم السمة والمبيض والبذيرة (البويضة).



حوالي 1695 يكتشف الطبيب الدنماركي كاسبار بارثولن الأصغر (1655 – 1738) الغدد البارثولنية، وهي غدد صغيرة تنتج سائلاً مخاطياً في الجهاز التناسلي لإناث الحيوانات الثديية.

1695 يكتشف عالم النبات الإنجليزي نهيماه غرو (1641 – 1712) فوائد استخدام أملاح الإبسوم (كبريتيد المنجنيز) كمادة ملينة.

1696 ينشر العالم الهولندي أنتوني فان ليوفنهوك (1632 – 1723) وصفا للكائنات المجهرية (يسميها الحييون)، نسمي اليوم غالبية هذه الجسيمات الفرطيس (المترجم: رتبة من المتعضيات وحيدة الخلية أو اللاخلوية تشمل البكتيريا والفطريات وبعض أنواع الفيروسات).

1699 يثبت عالم النبات الإنجليزي جون ودوورد (1665 – 1728) أن النباتات تنمو بطريقة أفضل عند إضافة بعض المواد إلى مياه الري.

1701 يقوم الطبيب الإيطالي جيوكومو بايلاريني (1659 – 1715) بتطعيم ثلاثة أطفال في مدينه القسطنطينية بجراثيم الجدري بهدف منع حدوث مضاعفات أكبر لهم عند كبرهم، يعتبر البعض بايلاريني مؤسس علم المناعة.

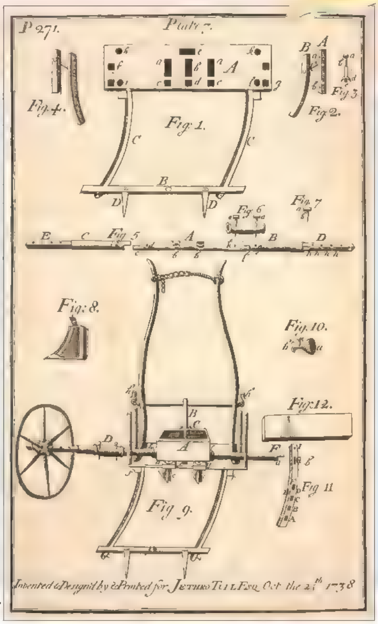
1702 يكتشف عالم التشريح الإنجليزي وليام كاوبر (1666 – 1709) الغدتين الكاوبريتين، وهما غدتان تفرزان سائلاً مخاطياً في الجهاز التناسلي عند ذكور الثدييات.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1701 ينشر الميكانيكي الفرنسي تشارلز بلومير (1646 – 1704) كتاب *فن الدوران*، يصف فيه مخرطة لتصنيع المعدات الحديدية ويبين تطورات آلات الصناعات المعدنية.

1701 يبتكر المهندس الزراعي جثرو تول (1674 – 1741) آله تساعد على غرس البذور آليا.

1703 تجرف عاصفة عاتية أول فنار شيد في إديستون روك. وتتحقق أمنية ونستانلي بوجوده في الفنار خلال أعتى عاصفة مرت عليه، لكنه يموت بسببها.



كان المزارعون قبل عام 1701 يبذرون الحبوب يدويا. ابتكر جثرو تول أداة يسحبها حصان يستعان بها في وضع البذور آليا على خط مستقيم. تتكون الأداة من عربة ذات عجلات بها صندوق يُملأ بالحبوب. ومع جر الحصان للعربة تقوم سقاطة ببذر الحبوب في مواقعها بشكل منتظم.

1703 يخترع الفيزيائي الإنجليزي فرانسيس هوكسبي (حوالي 1666 – 1713) مضخة خوائية مطورة.

1704 يصنع الساعاتي الإيطالي نيكولاي فاتيو دي ديولر (1664–1753) ساعة بكرسي تحميل (محامل) من المجوهرات.

المقاريب (التلسكوبات)
TELESCOPES

استخدمت العدسات في البداية كنظارات مكبرة بشكل رئيسي. ولذلك كانت محدبة الشكل (جامعة للأشعة) مفلطحة إلى الخارج على الجانبين، وتنتج صوراً مكبرة للأجسام القريبة. لكن العلماء والفلكيين كانوا بحاجة إلى تكبير صور الأجسام البعيدة. سدّ المقراب حاجتهم.



▲ المقراب الانعكاسي الذي شيّده إسحق نيوتن. كان عالم الرياضيات الإسكتلندي جيمس غريغوري أول من صمم مقراباً انعكاسياً وذلك في عام 1663، وقام إسحق نيوتن عام 1668 بتشييد نموذجه الخاص. المقراب المبين له عدسة عينية على الجانب ويبلغ قطر مرآته 1.3 بوصة (3.3 سم) وبقوة تكبير تبلغ حوالي 40 ضعفاً.

صنع النظاراتي الهولندي الألماني المولد هانز ليبرتشي (حوالي 1570 – حوالي 1619) أول مقراب له عام 1608. باع ليبرتشي ابتكاره للحكومة الهولندية لاستخدامه للأغراض العسكرية، لكنها لم تمنحه براءة اختراع نظراً لادعاء آخرين أسبقيتهم. بوصول خبر الابتكار – الذي يمكن وصفه اليوم بالمقراب الكاسر – إلى العالم الإيطالي *غاليليو غاليلي* (1564 – 1642)، قام بصنع مقرابه الخاص على الفور بهدف رصد النجوم والكواكب في السماء. ومن بين اكتشافات غاليليو البقع الشمسية والأخاديد على سطح القمر والأقمار الأربعة لكوكب المشتري.

فسر عمل المقراب بشكل صحيح فلكي معاصر لغاليليو هو الألماني **يوهانز كبلر** (1571 – 1630). فالعينية المحدبة تضع في بؤرتها صورة مكبرة تنتجها العدسة الشيئية المقعرة. كما بين كبلر أن استخدام عدستين محدبتين يؤدي إلى توسعة مجال الرؤية – وهو تصميم تبناه بنجاح عام 1611 الفلكي الألماني كريستوفر شاينر (1575 – 1650). سمي هذا التصميم المقراب الفلكي وكانت الصور الناتجة مقلوبة رأساً على عقب. ولقرون بعد ذلك كانت صور القمر، مثلاً، تظهر «الشمال» إلى الأسفل.

كان لعدسات ذلك العصر عيوب عديدة منها الزيغ اللوني، حيث تبدو الصورة محاطة بهالة من الأهداب الملونة. لمعالجة هذا الخلل قام العالم الهولندي **كريستيان هويجنز** (1629 – 95) بتنعيم العدسات وصقلها، مما خفف من الخلل. وباستخدام هذا المقراب الفلكي المطور تمكن هويجنز من مشاهدة حلقات زحل.

لكن معالجة الزيغ اللوني لم يتم بالكامل حتى عام 1758 عندما صنع صانع الآلات البصرية والفلكية الإنجليزي جون دولوند (1706 – 61) مقراباً أكروماتيكياً (لالونيا). تمثل بداية المعالجة في إعادة اكتشاف دولوند طريقة لتصنيع عدسات لالونية ابتكرها من قبل هاوي علم الفلك الإنجليزي تشستر هول (1703 – 71) عام 1733. ويكمن سر نجاح الطريقة بتصنيع عدسة مركبة تتكون من عدستين تلصقان مع بعضهما، ومازالت هذه الطريقة سائدة حتى يومنا. وتعمل العدسة الثانية المصنوعة من الزجاج التاجي (زجاج عالي النقاوة) على تصحيح الزيغ الذي تحدثه العدسة الأولى المصنوعة من الزجاج الصواني. ويستند مبدأ عمل العدسة المركبة على حقيقة أن العدستين تحرفان أشعة الضوء باتجاهين مختلفين قليلا.

هناك طريقة أخرى لمعالجة الزيغ اللوني يتمثل في تقليل حدبة العدسة وبالتالي يكون البعد البؤري أكبر (مما يعني زيادة طول المسار الضوئي في المقراب – وهي المسافة من المرآة الرئيسة أو العدسة الشيئية إلى المركز البؤري – موقع العدسة العينية). ويعني هذا بالطبع طولاً مفرطاً للمقراب. من أمثلة ذلك شيوع مقاريب بطول 33 قدماً (10 م)، كما أن هاوي علم الفلك البولندي يوهانز هيفليوس (1611 – 87) شيّد مقرابا عام 1650 بطول 148 قدما (45 م). واستعمل في هذا المقراب، المسمى بالمقراب الهوائي، هيكلاً أنبوبياً يتدلى من سارية ويتم توجيهه خلال عملية الرصد باستخدام حبال وبكرات.

هناك طريقة أفضل لتكوين الصور ومشاهدتها وذلك باستخدام المرايا بدلاً من العدسات لأن المرايا لا تسبب زيغاً بصريا. انتبه عالم الرياضيات والمخترع الإسكتلندي **جيمس غريغوري** (1638 – 75) لهذا الأمر فنشر عام 1663 تصميماً لمقراب يحتوي مرآة صغيرة محدبة ثانوية تعكس الضوء القادم من فتحة صغيرة على المرآة الرئيسية إلى عينية المقراب. في مرحلة لاحقة طور العالم الإنجليزي **روبرت هوك** (1635 – 1703) هذا التصميم. كما قام العالم الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1727) عام 1668 بتشييد مقراب عاكس من تصميم مختلف، وكذلك القسيس الفرنسي لورنت كاسيغرين (1629 – 93) الذي صمم مقرابه عام 1672. لم يكتمل النموذج المعقد للتصميم الكاسيغريني حتى عام 1740



تواريخ مفصلية

1608 أول مقراب انكساري.

1655 المقراب المطور لهيوجنز

1663 مقراب غريغوري الانعكاسي.

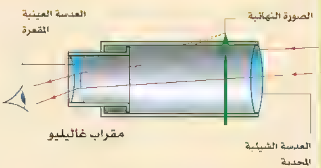
1668 مقراب نيوتن الانعكاسي.

1672 المقراب الكاسيفريني الانعكاسي المطور.

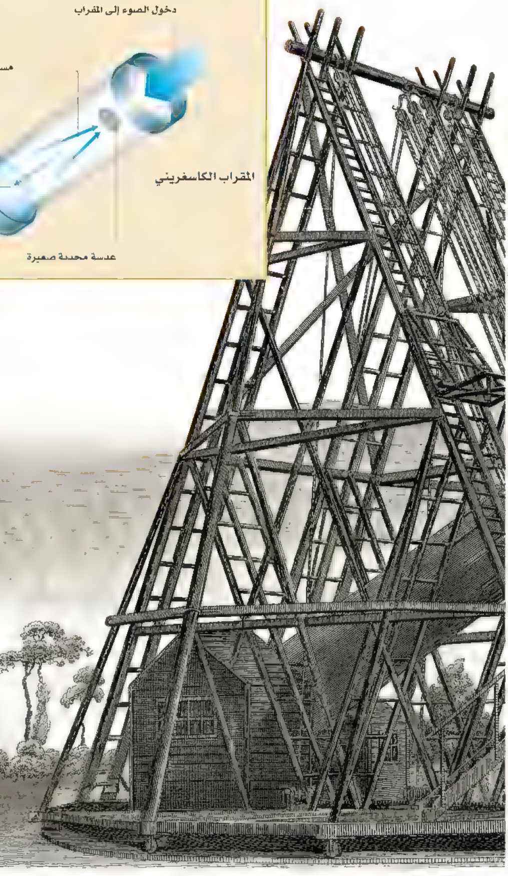
1758 المقراب اللالوني لدولوند.

المقراب الانكساري والمقراب الانعكاسي

من أحد أنواع المقاريب الانكسارية المقراب الذي صممه غاليلو عام 1609، الذي يستخدم عدستين وينشأ صورة معتدلة. ويمكن وضع نموذجين صغيرين لهذا النوع لتصنيع منظار ثنائي (بينوكل). من النوعين المبينين في الأسفل من المقاريب الانعكاسية، يتميز المقراب النيوتوني بوجود العينية على الجانب، والذي يمكن أن يمثل عقبة في المقاريب كبيرة الحجم. أما عينية المقراب الكاسفريني فتقع في نهاية الطرف السفلي حيث يمكن الرصد من خلاله بيسر.







▼ بلغ البعد البؤري للمقراب الهائل الذي شيده الفلكي الإنجليزي الألماني الأصل وليام هيرتشل (1738 - 1822) اكثر من 39 قدما (12 م).

وعلى يد النظاراتي الإسكتلندي جيمس شورت (1710 – 68). في عام 1857 ابتكر الفيزيائي الفرنسي ليون فوكول (1819 – 68) طريقة لتفضيض الزجاج لتصنيع المرايا الكروية. تميز الابتكار بسهولة التصنيع من ناحية وإمكانية إعادة الفضفضة في حالة الخلل من ناحية ثانية. ومنذ ذلك الحين أصبحت المقاريب أكبر قدرة تكبير – من السهولة للغاية تصنيع مرآة كبيرة مقارنه بالجهد اللازم لتصنيع عدسة كبيرة.

يبلغ قطر أكبر مقراب انكساري في يومنا 40 بوصة (100 سم) يتضمن أيضاً العدسات، وهو المقراب المشيد عام 1897 في مرصد يركيز قرب مدينة شيكاغو. أما مرآة مقراب هيل العاكس بمرصد ماونت بالومار في كاليفورنيا فقد بدأ إنشاؤه عام 1948 ويبلغ قطره 16.6 قدما (5 م). هناك أيضا مقاريب أكبر حجماً من ذلك تستخدم مرايا مكونة من عدد كبير من المرايا الصغيرة سداسية الشكل ترص مع بعضها بإحكام على شكل خلايا قرص العسل. يتحكم حاسوب في المرايا الصغيرة ويقوم بتغيير مواضعها لتغيير البعد البؤري للمرآة الكلية. ويحتوي أكبر مقراب من هذا النوع على 36 مرآة صغيرة ليبلغ قطر المرآة الكلية 33 قدما (10 م). وينتصب اثنان من هذا النوع في مرصد كك في هاواي.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1706 يبتكر عالم الرياضيات الويلزي وليام جونز (1675 – 1749) رمز π (الحرف باي في الأبجدية الإغريقية) للدلالة على النسبة الثابتة لمحيط الدائرة إلى قطرها (π = 3.1416 تقريبا).

1712 يطرح عالم الرياضيات الإنجليزي بروك تايلور (1685 – 1731) نظرية تايلور، وهي طريقة أساسية لإيجاد مجموع مجموعة رياضية.

1712 نشر المجلد الأول من تصنيف مواقع 300 نجمة للفلكي الإنجليزي جون فلامستيد (1646 – 1719)، وذلك دون ترخيص منه.

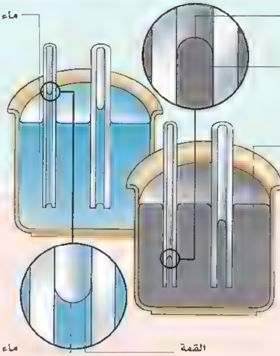
1712 ينشر عالم الرياضيات الإيطالي جيوفاني سيفا (حوالي 1647 – حوالي 1734) كتابه حول الأمور المالية، وهو أول مؤلف واضح في تطبيقات الرياضيات في علم الاقتصاد.

1717 يحسب الفلكي الإنجليزي أبراهام شارب (1651 – 1742) قيمة π إلى 72 رقما معنويا.

1718 في مؤلف مشترك بين الفلكي الفرنسي جاكو كاسيني (1677 – 1756) ووالده **جيوفاني كاسيني** (1625 – 1712) يحقق المؤلفان تخمين ديكارت (الخاطئ) باستطالة الأرض عند القطبين.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1709 يصف الفيزيائي الإنجليزي فرانسيس هوكسبي (حوالي 1666 – 1713) مفعول الأنابيب الشعرية، وهي الظاهرة المتعلقة بارتفاع السوائل في أنابيب شعرية ضيقة وكذلك امتصاص الإسفنج وأوراق شف الحبر للسوائل.



فسر مفعول الأنابيب الشعرية لأول مرة عام 1709. يسمي السطح العلوي المنحني لسائل على جدار أنبوب شعري بالقمة. في السوائل ذات الكثافة المنخفضة، من مثل الماء، يتصاعد السائل داخل الأنبوب مكوناً قمة مقعرة (الانحناء إلى الداخل). أما في حالة السوائل ذات الكثافة العالية، من مثل الزئبق، يطبق مفعول الشعرية قوة إلى الأسفل فتصبح القمة محدبة الشكل (الانحناء إلى الخارج).

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1707 يبتكر الطبيب الإنجليزي جون فلوير (1649 – 1734) ساعة خاصة لقياس نبض المرضى.

1711 يبرهن عالم الطبيعيات الإيطالي لويجي مارسفلي (1658 – 1730) على الطبيعة الحيوانية للمرجان (كان يصنف ضمن النباتات قبل ذلك).

1714 يبتكر الطبيب الفرنسي دومنيك أنيل (1679 – 1750) محقنة (إبرة) دقيقة الرأس لمعالجة ناسور الغدة الدمعية (فتحة على عظام الخد قرب العين).

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1706 يشيد الفيزيائي الإنجليزي فرانسيس هوكسبي (حوالي 1666 – 1713) مولداً الكتروستاتيكيا (مولد الشحنات الساكنة).

1708 يخترع الكيميائي الألماني يوهان بوتجر (1682 – 1719) عجينة بورسلان صلبة (كان سر صناعة البورسلان مجهولاً لدى غير الصينيين).

1709 يُدخل سباك الحديد الإنجليزي **أبراهام داربي** (حوالي 1678 – 1717) استخدام فحم الكوك في عمليات الصهر (كان الفحم النباتي غالي الثمن هو الفحم المستخدم قبل ذلك).

1709 يبتكر الفيزيائي البولندي الألماني الأصل جبرائيل فهرنهايت (1686 – 1736) الثرمومتر الكحولي وكذلك المقياس الفهرنهايتي لدرجة الحرارة.

1709 يصنع القسيس اليسوعي البرازيلي بارثولوميو دي غوسماو (1685 – 1724) نموذج منطاد يرتفع بالهواء الساخن.

1710 يطور الطباع الألماني جيكوب لي بلون (1667 – 1741) عملية طباعة نقوش على كليشيهات معدنية بثلاثة ألوان.

1712 يخترع المهندس الإنجليزي **توماس نيوكومون** (1663 – 1729) آلة بخارية هوائية تستخدم مكبسا، على خلاف الآلة التي ابتكرها **توماس سيفري** (حوالي 1650 – 1715) عام 1698.



تخطيط زخرفي لبالون الهواء الساخن من تصميم غوسماو.

انظر أيضا تطور الطباعة **3**: 28–29؛ غاليليو غاليلي **4**: 8–9؛ صهر الحديد **4**: 32–33؛ الملاحة البحرية **4**: 36–37

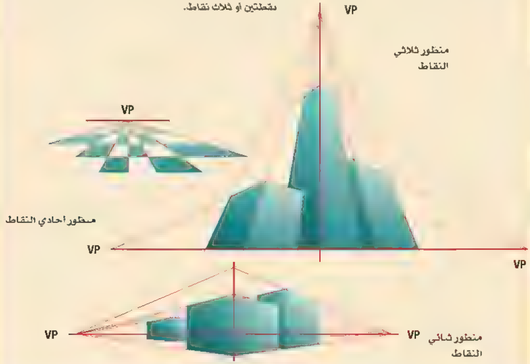
علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1718 يحدد الفلكي الإنجليزي إدموند هيلي (1656 – 1742) الحركة الفعلية للنجوم، التي تعبر عن الحركة الظاهرية للنجم عبر القبة السماوية. وتنجم الظاهرة عن الحركة التدريجية البطيئة للنجم بالنسبة للشمس (وليس بالنسبة للأرض). وبذلك فالنجوم الأكبر في مقدار حركتها الفعلية هي النجوم الأقرب للأرض.

1718 ينشر عالم الرياضيات الفرنسي أبراهام دي مويفر (1667 – 1754) كتابه قوانين الحظ، وهو أول مؤلف في رياضيات الاحتمالات.

1718 ينشر عالم الرياضيات الإنجليزي بروك تايلر (1685 – 1731) المبادئ الجديدة في الرسم المنظوري الخطي، يستعرض فيه مبادئ النقاط المتلاشية.

تستند مبادئ الرسم المنظوري على تحديد نقطة التلاشي (VP)، وهي نقطة على الأفق تبدو الخطوط المتوازية وكأنها نابعة منها. ويكون الأفق دوماً في مستوى نظر الرائي. يوفر الرسم المنظوري طريقة لتمثيل صورة ثنائية أو ثلاثية الأبعاد على سطح ثنائي الأبعاد (صفحة ورقة). فالأرضية المخططة، مثلاً، يمكن رسمها كنقطة في الرسم المنظوري، بينما يمثل المكعب من خلال نقطتين أو ثلاث نقاط.



الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1710 يعرض الكيميائي الفرنسي رينيه – أنتوني فيرتشولت دي روميير (1683 – 1757) مادة محاكة بالكامل من الألياف الزجاجية، وذلك أمام أكاديمية العلوم في باريس.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1717 في مؤلفه حول *أبخرة المستنقعات* كريهة الرائحة، يرجع الطبيب الإيطالي جيوفاني لانسيزي (1624 – 1720) سبب الإصابة بالملاريا إلى لسعات البعوض.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1712 يبتكر المخترع الإنجليزي جورج غراهام (1673 – 1751) مبياناً ساعياً، وتتكون من آله ساعية على شكل نموذج للنظام الشمسي. وبعد ثلاث سنوات يخترع غراهام نظام إفلات لاارتجاجي للساعة.

1714 يصنع الفيزيائي البولندي الألماني الأصل جبرائيل فهرنهايت (1686 – 1736) ترمومتراً زئبقيا.

1714 يحصل المهندس الإنجليزي هنري مل على براءة اختراع أول آله طابعة، ولا نعرف حتى اليوم آلية عمل تلك الطابعة.

1714 تضع الحكومة البريطانية جائزة بمقدار 20,000 جنيه إنجليزي للشخص الذي يتمكن من تصميم وسيلة لمعرفة خطوط الطول في عرض البحر. وفي عام 1759 يدعي الساعاتي الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) أحقيته نيل الجائزة، لكنه لا يحصل على المبلغ كاملا إلا بعد 14 سنة.



آلة ساعية مزركشة تعود إلى القرن الثامن عشر.

1715 يخترع الساعاتي الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) ساعة لا تحتاج إلى تعبئة إلا بعد كل ثمانية أيام.

1715 ينشر المهندس الفرنسي هيوبرت غوتيير (1660 – 1737) الطبعة الثانية من مؤلفه كتاب تشييد الطرق .

1716 يخترع الفلكي الإنجليزي إدموند هيلي (1656 – 1742) جرساً يعمل تحت الماء بهدف استخدام عمال أساسات الجسور له.

1716 تشييد أول فنار في أمريكا الشمالية في مدينة بوسطن.

1716 يبتكر ج. ن. د. لا هاير مضخة مائية ثنائية المكابس، وترفع المياه بهذه الطريقة بشكل متواصل.

1716 ينشر المهندس الفرنسي هيوبرت غوتيير (1660 – 1737) مؤلفه الجديد كتاب الجسور، ويكون لمحتوى الكتاب أثر خالد على تصميم الجسور.

1718 يسجل المخترع الإنجليزي جيمس بكل براءة اختراع زناد صواني شبه آلي للمدافع.

1719 يطور الطباع الألماني جيكوب لي بلون (1667 – 1741) عملية طباعة رباعية الألوان وذلك بالاعتماد على تركيب الألوان الأساسية: الأزرق والأصفر والأحمر والأسود.

طبيعة الضوء
THE NATURE OF LIGHT

كشفت الدراسات العلمية القديمة عن العديد من خصائص الضوء – كيفية انحنائه داخل العدسات وتكوين الظلال بل وحتى سرعته – لكن الفهم المبدئي لهذه الخصائص يتأتى فقط من خلال معرفتنا لطبيعة الضوء نفسه. ويجب الإجابة بشكل خاص على سؤال من مثل: هل يتكون الضوء من تيار من الدقائق الجسيمية، تنطلق مثل الرصاص الصادر عن بندقية آلية؟ أم هل يتكون الضوء من موجات تتموج عبر فراغ الفضاء الفسيح؟



▲ كان إسحق نيوتن من أوائل من قاموا بالدراسة العلمية للضوء، وبقي متيقناً بأن الضوء ينتشر على شكل سيل من الجسيمات الدقيقة.

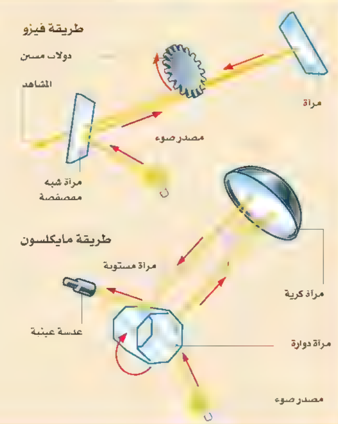
من الواضح أن أشعة الضوء المتوازية تنحرف عن مسارها عند عبورها عدسة لتتجمع في بؤرتها. وتسمح ظاهرة تركز الأشعة الضوئية باستخدام عدسة مكبرة كزجاج إشعال، وهو تطبيق عرفه الأقدمون. ومما ينقل أن العالم الإغريقي *أرخميدس* (حوالي 387 – 212 ق م.) استخدم زجاج الإشعال عام 212 ق م. لتدمير سفن الأسطول الروماني التي حاصرت سيراكيوز. أول من قاس انكسار الضوء هو عالم الرياضيات الهولندي فليبرورد سنل (1580 – 1626). أثبت سنل أن هناك علاقة بين زاوية سقوط الشعاع الضوئي على السطح الزجاجي (الزاوية التي يكونها الشعاع مع الخط العمودي الوهمي المقام على سطح الزجاج) وزاوية انكساره (الزاوية التي ينحرف بها الشعاع عن مساره داخل الزجاج)، وتتمثل هذه العلاقة في خاصية نسميها اليوم معامل الانكسار.

في تطور آخر كشف عالم الرياضيات الفرنسي بيير دي فيرما (1601 – 65) عن آلية تكوين الضوء للظلال. واستند منطقة إلى أن الضوء يسير دائماً في خطوط مستقيمة – لا يمكنه «الالتفاف حول الزوايا» لإضاءة مناطق الظل. وطرح فيرما مبدأه المعروف بمبدأ فيرما عام 1640. لاحظ فيرما أيضاً أن سرعة الضوء تقل في الأوساط الأعلى كثافة.

جرت أول محاولة لقياس سرعة الضوء عام 1676 على يد الفلكي الدنماركي أوول رومير (1644 – 1710). خلال محاولة تحققه من تنبؤات الفلكي الإيطالي جيوفاني كاسيني (1625 – 1712) حول مواقيت خسوف أقمار كوكب المشتري (عند اختفائها عن خط النظر خلف الكوكب). اكتشف رومير أن الخسوف يحدث قبل التوقيت المتوقع عندما تتحرك الأرض باتجاه المشتري ويحدث بعده عندما تتحرك بعيداً عنه. استنتج رومير من ملاحظته أن شعاع الضوء يقطع مسافة أقصر للوصول إلينا في الحالة الأولى ومسافة أطول في الحالة الثانية. وبناءً على ذلك لابد أن تكون سرعة الضوء محدودة القيمة، وبحسب تقديراته وجد أنها تساوي 140,000 ميل في الثانية (225,000 كم/ث) – وهي قيمة تساوي حوالي 75% من القيمة الصحيحة. وكان علينا الانتظار قرنين آخرين ليقيس الفيزيائي الفرنسي أرمان فيزو (1819 – 96) بدقة أكبر وبنتيجة 195,737 ميلاً في الثانية (299,853 كم/ث) –وهي نتيجة أعلى عن القيمة الفعلية بحوالي 5%. تحسن القياس بصورة أكبر عام 1881 على يد الفيزيائي الأمريكي ألبرت مايكلسون (1852 – 1931) الذي قاس سرعة الضوء بنتيجة 186,325 ميلا في الثانية (299,853 كم / ث). أما القيمة المعتمدة اليوم فهي 186,288 ميلاً في الثانية (299,793 كم/ث).

افترض العالم الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 – 1722) عام 1675 أن الضوء ينتشر على شكل سيل من الدقائق الجيسمية («النظرية الجسيمية»). وعلى مدى الأعوام التالية تحدى العديد من الفيزيائيين هذا التوجه وأولهم منافسه الكبير **روبرت هوك** (1635 – 1703) الذي اقترح النظرية الموجية للضوء عام 1665.

قياس سرعة الضوء



قام أرماند فيزو عام 1849 بأول محاولة لقياس سرعة الضوء بدرجة معقولة من الدقة. جعل فيزو شعاعاً ضوئياً يرتد جيئة وذهاباً بين مرآتين على بعد 5,6 ميل (9 كم) عن بعضهما، موجهاً الشعاع عبر أضراس دولاب مسنن دوار. وتحكم في سرعة الدولاب بحيث يعبر الشعاع الضرس الثاني عند عودته من الارتطام بالمرآة الأولى ثم يسقط على مرآة شبه مفضضة لتعبر بعض الأشعة إلى عين المشاهد. عدل فيزو من سرعة الدولاب المسنن منعاً لأي ارتجاج خلال ترحال الضوء مسافة 5,6 ميل (9 كم) والعودة ثانية. وبمعرفة سرعة الدولاب والمسافة التي يقطعها الضوء تمكن فيزو من حساب سرعة الضوء.

تمثلت طريقة ألبرت مايكلسون لقياس سرعة الضوء عام 1882 باستخدام مرآة دوارة تعكس الضوء الساقط عليها نحو مرآة منحنية على بعد 21,7 ميل (35 كم). استخدم مايكلسون محركاً كهربائياً لإدارة المرآة ووجه الأشعة المنعكسة نحو عدسة عينية. ومن ثم قام بزيادة سرعة الدوران تدريجياً إلى أن تلاشى ارتجاج الأشعة. وبقياس الزمن المستغرق في قطع الضوء مسافة الـ 44 ميلا (70 كم)، هي مسافة الذهاب والإياب، ومعرفة سرعة دوران المحرك (المرآة) يمكن حساب سرعة الضوء.

تواريخ مفصلية

1621 قانون سنل (انكسار الضوء).

1640 مبدأ فيرما.

1665 النظرية الموجية (هوك).

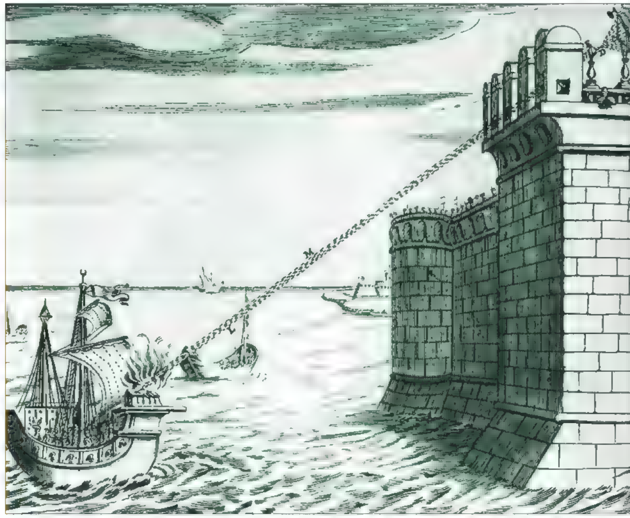
1675 النظرية الجسيمية (نيوتن).

1676 سرعة الضوء (رومير).

1801 تداخل الضوء.

1900 النظرية الكمية (بلانك).

1924 ازدواجية الموجات والجسيمات.



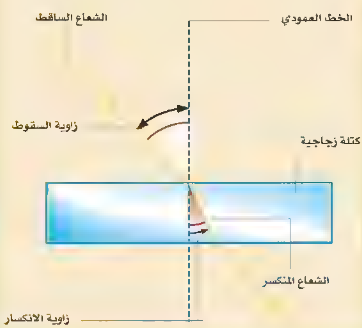
▲ يروي أن العالم الإغريقي أرخميدس قام في حوالي عام 212 ق.م. باستخدام العدسات كزجاج حارق دفاعاً عن مدينة سيراكيوز ضد هجمات السفن الرومانية.

ومن بين الأدلة على الطبيعة الموجيه للضوء التي قدمها معارضو نيوتن ظاهرة انكسار أشعته عند مروره خلال وسط زجاجي وكذلك حقيقة إبطاء الضوء عند انتشاره في الزجاج مقارنة بسرعة انتشاره في الهواء. وضع المسمار الأخير في نعش النظرية الجسيمية عام 1801 باكتشاف الفيزيائي الإنجليزي توماس يونغ (1773 – 1829) ظاهرة التداخل في الضوء، وبناء عليها يتحلل الضوء الأبيض عند سقوطه على شق صغير إلى ألوان قوس قزح. (المترجم: على الرغم من صحة المعلومة بيد أن تجربة يونغ الرئيسية تمثلت في تكون أهداب التداخل عند مرور الضوء عبر شقين صغيرين، بغض النظر عن لون الضوء المستخدم). ولم يكن ممكناً حينها تفسير الظاهرة إلا باعتبار انتقال الضوء على شكل موجي. نشر يونغ نتائجه عام 1804.

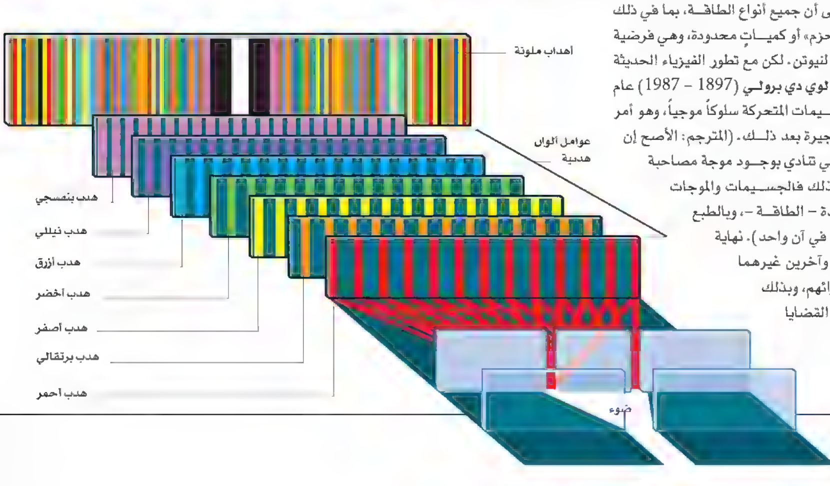
ظل الجدل بين النظريتين – الجسيمية والموجية – محتدماً يراوح مكانه حتى بدايات القرن العشرين عندما قدم الفيزيائي الألماني **ماكس بلانك** (1858 – 1947) نظرية الكم. تنص إحدى فرضيات نظرية الكم على أن جميع أنواع الطاقة، بما في ذلك الضوء، تنتقل على شكل «حزم» أو كمياتٍ محدودة، وهي فرضية تشبه الفرضية الجسيمية لنيوتن. لكن مع تطور الفيزياء الحديثة اقترح الفيزيائي الفرنسي **لوي دي برولي** (1897 – 1987) عام 1924 إمكانية سلوك الجسيمات المتحركة سلوكاً موجياً، وهو أمر ثبتت صحته خلال فترة وجيرة بعد ذلك. (المترجم: الأصح إن يقال أن فرضية دي برولي تنادي بوجود موجة مصاحبة للجسيمات المتحركة، وبذلك فالجسيمات والموجات تمثلان وجهي عملة واحدة – الطاقة –، وبالطبع لا يمكن مشاهده الوجهين في آن واحد). نهاية المطاف أن نيوتن وهوك وآخرين غيرهما كانوا كلهم محقين في آرائهم، وبذلك أسدل الستار على إحدى القضايا الجدلية الكبرى في العلوم.

قانون سنل

سمي قانون سنل على اسم مكتشفه عالم الرياضيات الهولندي فليبرورد سنل (1580 - 1626)، الذي أعلنه عام 1621 حينما كان أستاذاً للرياضيات بجامعة لايدن (ليدن حاليا). يتعلق القانون بظاهرة انكسار الضوء، وهي الطريقة التي يغير بها الضوء مساره عند انتقاله من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر – من الهواء إلى قطعة من الزجاج مثلا. يعتمد مقدار الانحراف عن المسار الأصلي على الخاصية البصرية للوسط الأعلى كثافة. وتسمى هذه الخاصية بمعامل الانكسار (المترجم: الأصح أن يقال: يعتمد مقدار الانحراف على النسبة بين كثافة الوسط الأعلي كثافة إلى كثافة الوسط الأقل كثافة). ينص القانون على أن النسبة بين جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار تساوي معامل الانكسار.



▼ التداخل هو الظاهرة التي توضح الخواص الموجية للضوء. يبين الرسم التوضيحي أدناه انقسام الضوء الأبيض إلى عوامله من الألوان التي تتحد لتشكل أهداباً ملونة وهي الألوان نفسها التي يمكن مشاهدتها بمرور الضوء الأبيض عبر فقاعة صابون أو عبر شريحة زيتية على سطح الماء.



1720–1734 ميلادي

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1727 يستحدث عالم الرياضيات السويسري ليونهارد يولير (1707 – 83) الرمز e (للدلالة على العدد الأساس للوغريتمات الطبيعية). كما يكتشف عدداً من العلاقات المرتبطة بالأساس e.

1729 يكتشف الفلكي الإنجليزي جيمس برادلي (1693 – 1762) ظاهرة الزيغ البصري للضوء المنبعث من النجوم، وتتعلق الظاهرة بالانحراف الظاهري البسيط لموقع النجوم نتيجة لحركة دوران الأرض والحقيقة المتعلقة بمحدودية سرعة الضوء.

1731 يكتشف الفلكي الإنجليزي جون بيفيس (1695 – 1771) سديم السرطان. يعاد اكتشاف السديم في وقت لاحق (1785) على يد الفلكي الفرنسي تشارلز مايزر (1730 – 1817) الذي يعطيه الرمز M1 ويضعه الأول ضمن كاتالوج مايزر. في العصر الحديث تعطى جميع السدم مسمى عدد مايزر.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1724 ينشر العالم الهولندي هيرمان بورهاف (1668 – 1738) كتابه مبادئ الكيمياء، وهو أول كتاب تدريسي في الكيمياء.

1724 تأسيس الأكاديمية العلمية لمدينة سينت بيترسبيرغ في روسيا بأمر من الإمبراطور الروسي بيتر (بطرس) الأكبر (1672 – 1725).

1725 يلاحظ الطبيب الألماني يوهان شولز (1684 – 1744) تعتيم أملاح الفضة عند تعرضها لضوء الشمس (تظهر لاحقاً تطبيقات مهمة في التصوير الفوتوغرافي).

1729 يميز الفيزيائي الفرنسي ستيفن غري (1666 – 1736) بين المواد العازلة كهربائياً والموصلة لها.



منزل جون بارترام «الأب المؤسس للحدائق النباتية في أمريكا» قرب مدينة فيلادلفيا.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

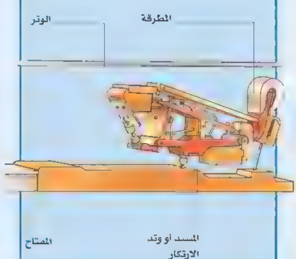
1721 يدخل الطبيب الأمريكي زابديل بولستون (1676 – 1766) إعطاء لقاح ضد الجدري في الولايات المتحدة.

1727 ينشر عالم النبات الإنجليزي ستيفن هيلز (1677 – 1761) أول كتاب في علم وظائف النبات بعنوان *الخضروات الساكنة*.

1728 افتتاح أول حديقة نباتات في الولايات المتحدة تحت إشراف عالم الطبيعيات والمكتشف جون بارترام (1699 – 1777) وذلك قرب منزله بمدينة فيلادلفيا.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

يعتبر البيانو الحديث تطويراً للبيانو القيثاري. وتتكون كلتا الآلتين من قيثارة وترية موضوعة على جانبها. في البيانو القيثاري يتم الضرب على الأوتار باستخدام ريشة عزف صغيرة (صنعت في البداية من ريش طائر الكويل)، لكن الآلة لم يكن بإمكانها إصدار أصوات تفرق بين النغمة الحادة والنغمة الناعمة. ولذلك استبدلت الريشة بمطرقة صغيرة مكسوة باللباد لينتج الطرق أصواتاً مختلفة كما يمكن العازف من التحكم في زمن النغمة وشدة جهارتها.



حوالي 1720 يبتكر صانع الساعات الإنجليزي كريستوفر بنتشبك (حوالي 1670 – 1732) سبيكة بنتشبك المصنوعة من النحاس والزنك. تشبه السبيكة الذهب وخلال فترة قصيرة يتنشر استخدامها في صنع الساعات والمجوهرات.

1720 يبتكر صانع البيانو القيثاري الإيطالي بارتولوميو كريستوفوري (1655 – 1731) البيانو الحديث.

1723 ينشر المهندس الفرنسي نيوكولا بايون (1653 – 1733) وصفاً لعدد من أدوات المساحة المستخدمة أيامها. والجدير بالذكر أن عدداً من هذه الأدوات بقي دون تغيير لأكثر من 200 سنة.

1725 يخترع صانع الساعات الفرنسي أنتوني ثويت (ولد عام 1692) ساعة تبين الزمن الشمسي. يطلق ثويت على الساعة مسمى ساعة المعادلة (تعني معادلة زمن الفرق بين الزمن الشمسي، بحسب ما تقرأه المزولة، والزمن المعتمد على دوران الأرض حول محورها، كما تبينها الساعات الاعتيادية).

1725 يستحدث صائغ الذهب الإسكتلندي وليام جيد (1690 – 1749) الطباعة النمطية، والتي يتم فيها سبك قالب من صفحة كاملة من أحرف الطباعة يستخدم كشريحة (كليشيه) للطباعة.

1726 يبتكر المخترع الإنجليزي جورج غراهام (1673 – 1751) ساعة البندول الزئبقية، التي تتميز بعدم تغير طول البندول مع تغير درجة الحرارة.

1728 يخترع صانع الساعات الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) البندول الشبكي للساعات. وتتميز هذه الساعة، مثل ساعة غراهام، بعدم تغير طول البندول مع تغير درجة الحرارة.

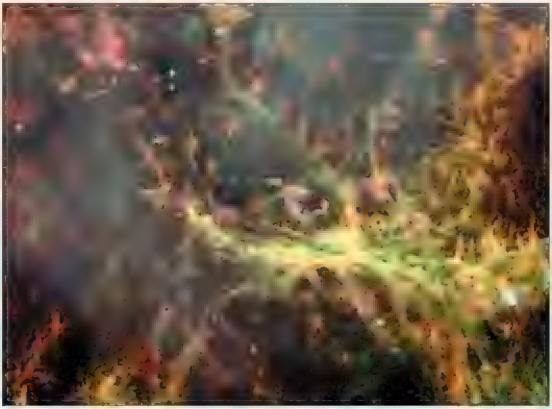
1728 يخترع طبيب الأسنان الفرنسي بيير فوتشارد (1698 – 1761) أول مثقاب للأسنان، كما يستحدث استخدام الحشوات.

1729 ينشر المهندس الفرنسي الإسباني الأصل بيرنارد فورست دي بليدور (1698 – 1761) كتاباً يحتوي جداول هندسية ومبادئ الإنشاءات، علم الهندسة.

انظر ايضا ساعة البندول 4: 12-13؛ آلات النسيج 5: 12-13؛ الآلات الزراعية 5: 16-17؛ ميلاد التصوير الضوئي (الفوتوغرافي) 5: 32-33

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1733 يكتشف عالم الرياضيات الفرنسي أبراهام دي مويفر (1667 – 1754) دالة التوزيع الطبيعي (على شكل حزام)، الذي يضحى خلال فترة وجيزة ذا أهمية كبرى في الدراسات الإحصائية.



سديم السرطان المكتشف عام 1731 هو بقايا مستعر أعظمي انفجر عام 1054.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1730 يبرهن العالم الفرنسي بيير بوغيه (1698 – 1758) الظاهرة المعروفة بشذوذ بوغيه: تناقص شدة الجاذبية الأرضية مع الارتفاع عن سطح الأرض.

1733 يميز الكيميائي الفرنسي تشالز دوفييه (1698 – 1739) بين نوعي الشحنات الكهربائية الساكنة: الموجب والسالب.

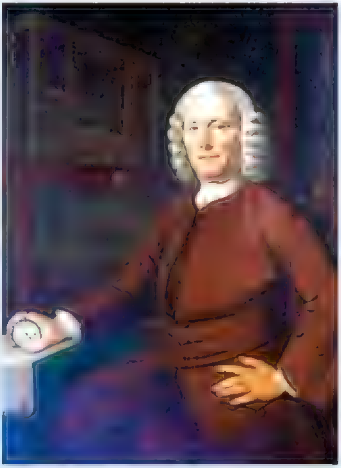
العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1730 يجري الجراح الفرنسي جورج مارتين (1702 – 41) أول عملية جراحية في القصبة الهوائية لمعالجة مريض يعاني من ضيق التنفس.

1730 ينشر عالم الزراعة الإنجليزي جثرو تل (1674 – 1741) كتاباً بعنوان *الطرق الحديثة لإعداد الأرض للزراعة*، يوصي فيه بتمهيد التربة وزراعة المحاصيل في صفوف ونزع الأعشاب بعزق التربة واستخدام الروث الحيواني في التسميد.

1734 يؤسس الكيميائي الفرنسي رينيه – أنتوني فيرتشولت دي رومبير (1683 – 1757) علم الحشرات من خلال كتابه *شروح مفيدة في التاريخ الطبيعي للحشرات*.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



الساعاتي الإنجليزي جون هاريسون.

1730 يصمم عالم الرياضيات الإنجليزي جون هادلي (1682 – 1744) آلة ذات الربع، وهي أداة ملاحية وتعتبر مقدمة لاختراع آلة ذات السدس. وبعد عام (1731) يبتكر آلة مطورة تسمى آلة ذات الثمن.

1730 يصنع الكيميائي الفرنسي رينيه – أنتوني فيرتشولت دي رومبير (1683 – 1757) ثرمومتراً كحولياً، كما يصمم مقياس رومبير لدرجة الحرارة (حيث تعتبر درجة صفر المقياس عند تجمد الماء ودرجة 80 عند غليانه).

1732 يبتكر الفيزيائي الفرنسي هنري بيتوت (1692 – 1771) أنبوب بيتوت، وهو أداة لقياس سرعة سريان الهواء. يستخدم الأنبوب في القرن العشرين كأداة لتحديد سرعة الرياح في الطائرات.

1733 يسجل المهندس الإنجليزي جون كي (1704 – 64) براءة اختراع المكوك الطائر، الذي يرفع بشكل كبير من سرعة المغازل في صناعة النسيج.



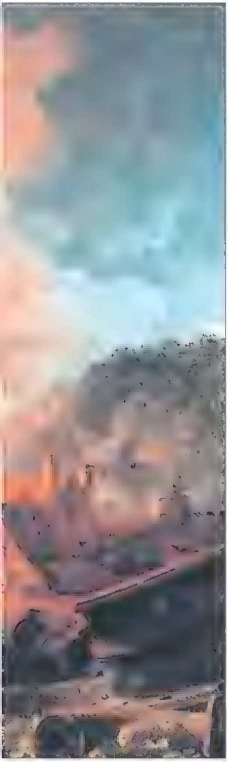
المكوك الطائر الذي ابتكره جون كي عام 1733.

1733 يطور هاوي الفلك الإنجليزي تشستر هول (1703 – 71) عدسة لالونية بسيطة لاستخدامها في صناعة المقاريب. (تتميز العدسة اللالونية بعدم تكون أهداب لونية حول الصورة).

1733 افتتاح أول كلية تكنولوجية في العالم وذلك في مدينة شمنتيز بالمجر كمعهد متخصص في التعدين.

1734 ينشر العالم والفليسوف السويدي إيمانويل سويدنبورغ (1688 – 1772) كتاب *عالم المعادن*، يتكون المؤلف من مجلدين يحتويان أساليب التعدين وطرق صهر المعادن.

صهر الحديد
IRON SMELTING



عـرف الإنسـان الحديد منذ الأزمـان القديمة، كما تُعرف الفترة منذ حوالي عام 1100 ق.م. بالعصر الحديدي في الشرق الأوسط وأوروبا. لكـن الأدوات والأسـلحة الحديدية كانت نـادرة لا يقتنيها إلا الأثرياء وذلك حتى انتشار أساليب صهر الحديد من خاماته مع اختراع أفران الصهر عالية درجة الحرارة في حوالي عام 700 ميلادي.



▲ شيد أبراهام داربي الثالث (الحفيد) الجسر المصنوع من الحديد بالكامل عام 1779 على نهر سفن رفرز في مدينة كولبروكديل. يعتبر الجسر مشروعاً تجارياً إذ كان على المسافرين دفع رسوم مقابل عبوره.

حصل قدمـاء المصريين على الحديد مـن جمـع بقايـا الشـهب المتناثـرة في الصحـراء، لكنهـم، وبحلول عـام 1350 ق.م. طوروا طرق لحـم الحديد في أتون نار مشـتعلة. وفي حوالي الفترة نفسـها بدأ الحثيون في بـلاد الأناضول (تركيا حاليا) باسـتخدام الحديد ومن خلالهم انتشـرت صناعة الحديد إلى الهنـد والصين. كما أن الإغريق استخدموا مسامير لولبية مصنوعة من الحديد لربط الكتل الصخريـة مع بعضها في حوالي عـام 400 ق.م. الصناع الصينيون مـن جانبهم توصلوا إلى صـب تماثيل مصنوعة من حديد ذي درجة انصهار منخفضة.

يرجـع تاريخ أتون صهر للحديد، كير كاتالان في إسـبانيا، إلى حوالـي عام 700 ميلادي. كما شـيد أتون آخر فـي منطقة الدول الإسـكندنافية بعد حوالي قرن من ذلـك. تعتمد عملية الصهر على مبادئ كيميائية بسـيطة، وإن لم تكن معروفـة للناس حينها. ويبين الرسم التوضيحي أدناه مبدأ عمل هذه الأفران. يحفر صناع الحديد حفرة في الأرض يدحون جوانبها ثم يكسونها بأعواد القصب المفحمة – نـوع من أنوع الفحم الناعم. وعلى هذه الحفرة تبنى مدخنة قمعية الشـكل مصنوعة مـن الصلصال والخبث (مخلفـات عمليات صهر سـابقة). يُملأ الفرن، أو «يشحن» ، بمزيج من خام الحديد وأحجار الكلس والفحم النباتي، ثم يشـعل المزيـج. عنـد ارتفاع درجـة حرارة الفـرن يقـوم العاملون علـى الفرن بضـخ الهواء بواسـطة منفاخ الكير لرفـع درجـة الحرارة إلـى درجات عاليـة. يـؤدي تفاعـل الهـواء مع الفحـم النباتي إلى إنتـاج غاز أول أكسيد الكربون (CO) الذي يتفاعل بدوره مع خامات الحديد (أكسـيد الحديد) لينتج الحديد المعدني. أما حجر الكلس (كربونات الكالسـيوم) فيقتصـر دوره علـى التفاعـل مع شـوائب أحجار السـليكا الموجودة في خامات الحديـد. يطفو الخبث فوق صهـر الحديـد الـذي يمكن اسـتخلاصه عبـر ثقب في أسـفل الفرن.

بحلـول القـرن الرابع عشـر أصبحت إنجلترا الدولة الرئيسـية فـي إنتـاج الحديـد فـي أوروبا. واستخدمت الدواليب المائية لتوفير الطاقة للكيرات لتنتج سيلاً متواصلاً من الهواء إلى الأتون، وبلغت القدرة الإنتاجية للفرن الواحد حوالي 3.3 طن (ثلاثـة أطنان مترية) من الحديد في اليوم الواحد. هذا الإنتاج الهائل من الحديد احتاج إلى كميات كبيـرة جدا من الفحم النباتي المنتج بحرق الأخشـاب. ونتيجة لذلك تعرضـت غالبية الغابات في بريطانيا للتدمير. توصل مستكشف الحديد الإنجليزي **أبراهام داربي** (حوالـي 1678 – 1717) عـام 1709 إلى اسـتخدام فحم الكوك (المشـتق من الفحم) بدلاً من الفحم النباتي. كما أن مواطناً لداربي هو دود دودلـي (1599 – 1684) ادعى اسـتخدام الفحم (الخام) لرفع درجة حرارة أتـون الصهر، لكن هذا الإدعاء يبدو غير محتمل نظـراً لوجود الكبريت فـي خامات الفحم والذي يـؤدي إلى تدمير الحديـد المنتج. كان لابتكار داربي أثراً دراماتيكياً (هائلا) على إنتاج واسـتخدامات الحديد المصبوب وصناعة الأواني الحديدية من مثل مقالي وأواني الطبخ وأباريق الشاي التي أصبحت خلال فترة قصيرة من أدوات الطبخ المنزلية الشائعة في جميع البيوت في إنجلترا.

شيد داربي فرنه على ضفاف نهر سفن رفرز بمدينة كولبروكديل. وأضاف ابنه إبراهام داربي الثاني (الابن) (1711 – 63) إلى الفرن

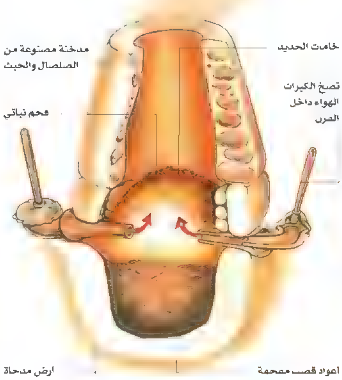
تواريخ مفصلية

1709 استخدام فحم الكوك وقودا لأتون الصهر.

1779 تشييد الجسر الحديدي على نهر سفن رفرز في مدينة كولبروكديل.

1828 أسلوب الهواء المسخن مسبقاً لنيلسون.

1857 فرن التسخين الأولي لكاوبر.



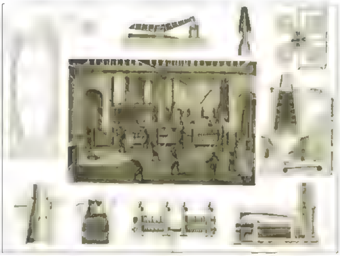
◄ استخدم صناع الحديد الأوائل أتونات بسيطة لصهر الحديد. يتم بناء الفرن بحفر الأرض أولاً ومن ثم بناء مدخنة على الحفرة. كان يتم وضع خامات الحديد فوق فحم نباتي مدخن موضوع في الحفرة. وباستخدام كيرات تدار يدوياً يتم ضخ الهواء داخل الأتون مسبباً ارتفاع درجة الحرارة لإنتاج صهير الحديد.



▲ كان أتون الصهر في كولبروكديل يعمل باستمرار خلال 24 ساعة يومياً. يعود تاريخ اللوحة إلى عام 1801 ويظهر وهج النيران في السماء بينما يقوم العمال بسحب صهر الحديد من أحد الأفران.

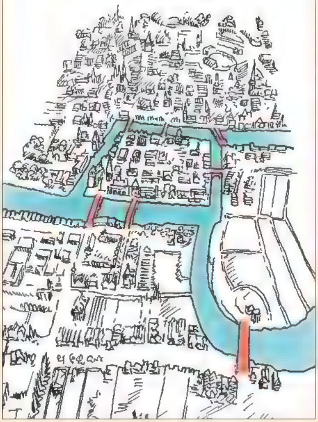
آلة بخارية لضخ المياه من النهر لإدارة الكيرات. وفي عام 1768 آلت إدارة الفرن إلى حفيده ابراهام داربي الثالث (الحفيد) (1750 – 91) الذي خلد ذكرى العائلة بتشييده عام 1779 جسراً مصنوعاً من قوالب حديدية جاهزة يربط بن ضفتي سفن رفرز في كولبروكديل. بلغ طول الجسر 98 قدماً (30 مترا) ويرتفع عن سطح الأرض 39 قدما (12 مترا). وقد بقي الجسر حتى يومنا الحالي ليصبح جسراً للمشاة بعد إغلاقه أمام حركة السيارات عام 1934.

جاء آخر تطوير لأتون صهر المعادن خلال القرن التاسع عشر، حين قام المهندس الإسكتلندي جيمس نيلسون (1792 – 1865) في غلاسكو برفع كفاءة الأتون باستخدام هواء يسخن بإمراره في أنبوب متوهج قبل دخوله الأتون. تم تسخين الأنبوب في البداية باستخدام الفحم ثم استبدل وقود التسخين فيما بعد بالغاز الفحمي – منتج من مخلفات أفران الطبخ. كما قام المخترع الإنجليزي إدوارد كاوبر (1819 – 93) بتطوير تصميم نيلسون عام 1857 باستبدال الأنبوب المتوهج بفرن يستخدم الغازات الناتجة عن الأتون لتسخين الهواء.



◄ تشكل مجموعة الأفران وأجزاؤها الحدود حول الصورة العامة لمصنع دائري الشكل. تتدحرج القضبان الحديدية المتوهجة الحارة لتصنع قضبان المكلك الحديدية وقضبان أخرى أقل سماكة.

1735–1749 ميلادي



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1735 يتمكن عالم الرياضيات السويسري ليونهارد يولير (1707 – 83) من حل المعضلة المسماة جسور كونغزبيرغ.

1735 يضع العالم الإنجليزي جورج هادلي (1685 – 1768) فرضية تقول بأن سبب الدوران العام للهواء الجوي يعود إلى تيارات الحمل.

1736 ينص عالم الرياضيات الفرنسي بيير دي موبرتيوس (1698 – 1759)، وبشكل صحيح، على أن الأرض بيضاوية الشكل (كرة مفلطحة قليلا عند أقطابها).

1736 يقيس المساح الفرنسي أليكسيس كليريو (1713 – 65) طول قوس درجة واحدة من خط الزوال (خطوط الطول)، ويتمكن بذلك من حساب حجم الأرض بشكل دقيق.

1743 يرصد كل من الفلكي الفرنسي فيليب دي تشيسو (1718 – 51) والهاوي الفلكي الهولندي ديرك كلنكنبيرغ (1709 – 99)، وبشكل مستقل عن بعضهما، مذنباً جديداً يطلق عليه لاحقاً مسمى مذنب دي تشيسو.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1735 يعيد العالم وضابط البحرية الإسباني أنتونيو دي أولوا (1716 – 95) اكتشاف معدن البلاتين في أمريكا الجنوبية. كان السكان المحليون في أمريكا الوسطى يستخدمون المعدن لقرون واكتشفه الرحالة الإسبانيون، لكن اكتشافهم لم يتم الإعلان عنه.

1735 يضع الفيزيائي الإنجليزي ستيفن غري (1666 – 1736) فرضية مفادها أن حدوث البرق ظاهرة كهربائية.

1737 يكتشف الكيميائي السويدي جورج براندت (1694 – 1768) عنصر الكوبولت، وهو أول عنصر جديد يكتشف منذ الأزمنة القديمة.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1735 ينشر عالم الطبيعيات السويدي **كارلوس لينوس** (1707 – 78) كتاب النظم الطبيعية يصنف فيه الموجودات إلى ثلاث ممالك: الحيوانات والنباتات والمعادن. وفي مرحلة لاحقة (عام 1749) يستخدم نظاما ثنائيا للتسمية (اسم الجنس متبوعاً بالنوع).



يصنف كتاب النظم الطبيعة الذي ألفه لينوس عام 1735 النباتات بناءً على هيكل أجزاء الأزهار فيها.

1736 يكتشف المكتشف الفرنسي تشارلز – ماري دي لاكوندامن (1701 – 74) المطاط الهندي (المسمى حينه الكاوتشوك). وبعد أربع سنوات يكتشف الكورار وهو عقار قوي يؤدي إلى الإصابة بالشلل (استخدم الهنود الحمر في أمريكا الجنوبية الكورار كسم يطلون به رؤوس السهام).

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1735 يكشف صانع الساعات الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) عن أول كرونوميتر (موقت) من صنعه، وهو ساعة دقيقة بما يكفي لاستخدامها في حساب خطوط الطول في عرض البحر.

1738 يبتكر المخترع الإنجليزي لويس بول (توفي عام 1759) آله لتمشيط الصوف. (التمشيط عملية تشذيب لصوف الخراف وتحويلها إلى ألياف مستقيمة متوازية). وبمساعدة من المهندس الإنجليزي جون وايت (1700 – 66) يبتكر أيضا آله غزل تدار بقوة المياه.

1738 يصمم عالم التعدين الإنجليزي ويليام تشامبيون (1710 – 89) أسلوباً صناعياً لإنتاج الزنك من خاماته على نطاق تجاري.

1740 يبتكر عالم التعدين الإنجليزي بنجامن هنتسمان (1704 – 76) أسلوب البوتقة لتصنيع الفولاذ في مجموعات.

1741 يخترع المهندس السويدي كريستوف بولهم (1661 – 1751) آلة لخراطة المسننات.

1742 يبتكر العالم والسياسي الأميركي ***بنجامن فرانكلن*** (1706 – 90) موقد طبخ يستخدم الخشب وقودا. يسجل فرانكلن براءة الاختراع وتعرف فيما بعد مواقد الطبخ المشابهة في التصميم «بمواقد فرانكلن».

1742 يستحدث عالم التعدين الفرنسي جين – بول مالون (1701 – 78) عملية لطلاء الفولاذ بطبقة من الزنك (يعرف المنتج فيما بعد بالحديد المجلفن).

1743 ينتج صانع المعادن الإنجليزي توماس بولسوفر (1706 – 88) الأطباق المعروفة «أطباق شيفيلد»، وهي أطباق مصنوعة من النحاس تطلى بطبقة من الفضة.

انظر أيضا صهر الحديد 4: 32–33؛ الملاحة البحرية 4: 36–37؛ آلات النسيج 5: 12–13

شُيِّدت مدينة كونغزبرغ (كانت جزءاً من ألمانيا لكنها اليوم تتبع روسيا وتُسمى كالننغراد) على نهر يقسمها جزراً، ولتوصيل أجزاء المدينة مع بعضها شيدت سبعة جسور في أماكن مختلفة منها. تتمثل معضلة كونغزبيرغ في إيجاد طريق متصل يمر عبر الجسور السبعة بشرط عدم عبور أي جسر لأكثر من مرة واحدة. وقد أثبت ليونارد يولير رياضياً عام 1735 استحالة ذلك. تعتبر هذه المسألة من مسائل علم الطوبوغرافيا (الهندسة الفراغية)، وهو فرع من الرياضيات يعنى بالخصائص العامة للفضاء والأشكال. والجدير بالذكر أن ليّ الجسم أو سحبه (يعرف بالتشوه المتصل) ليس له تأثير على خصائص الشكل، بحسب علم الطوبولوجيا. وعلى سبيل المثال يعتبر الشكل الدائري متكافئاً مع الشكل الأهليجي نظراً لإمكانية الحصول على أحد الشكلين بإحداث تشويه متصل للشكل الآخر.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1743 يستحدث عالم الرياضيات الفرنسي جين دالمبيرت (1717 – 88) علم رياضيات الحركة (فرع من فروع علم الميكانيكا)، وينشر نتائجه في مؤلفه *كتاب في الديناميكا*. كما يطور بعد ثلاث سنوات نظرية الأعداد المركبة (تتكون الأعداد المركبة من جزء «حقيقي» وآخر «تخيلي» – يعرف العدد التخيلي في الرياضيات بهذا المسمى نظراً لاحتوائه على الرمز i ويرمز إلى الجذر التربيعي «التخيلي» للعدد –1). وبعد سنة (1747) يستحدث دالمبيرت رياضيات المعادلات التفاضلية.

1743 يصمم عالم الرياضيات الإنجليزي توماس سيمبسون (1710 – 61) ما يعرف بقواعد سيمبسون، وهي مقاربة منهجية لحساب المساحة المحدودة بمنحنى.

1748 يكتشف الفلكي الإنجليزي جيمس برادلي (1693 – 1762) ظاهرة ترنح (نَوسان) الأرض، التي تشير إلى الانحراف الضئيل لمحور دوران الأرض ويأخذ شكل حركة دائرية بطيئة في الفضاء.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1738 يصبح العالم السويسري دانيال برنولي (1700 – 82) أول من يطرح النظرية الحركية للغازات – مفاد النظرية أن بالإمكان تفسير خصائص الغازات باعتبارها تتكون من جسيمات مادية صغيرة ذات سرعات عالية.

1738 يصمم الفلكي السويدي أندريز سيليسيوس (1701 – 44) المقياس المئوي لدرجة الحرارة (يسمى المقياس في وقت لاحق بالسنتيغريد، لكنه يعرف الآن تحت مسماه الأصلي).

1743 تأسيس الجمعية الفلسفية الأمريكية.

1745 يضع العالم الروسي ميخائيل لومونوسوف (1711 – 65) كاتلوجا (قائمة) يحتوي على أكثر من 300 معدن.

1747 يكتشف الكيميائي الألماني أندريز مارغراف (1709 – 82) وجود السكر في البنجر.

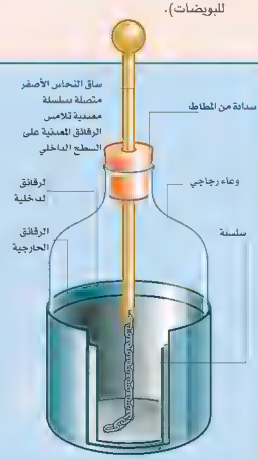
العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1740 يلاحظ عالم الطبيعيات السويسري تشارلز بونيت (1720 – 93) ظاهرة التوالد العذري في الأرقات أو المِنه (المترجم: حشرات تقتات على امتصاص عصارة النباتات). (التوالد العذري ظاهرة تتعلق بتوالد أنثى الحيوانات دون إخصاب للبويضات).

1745 ينجح الجراح الفرنسي جاك دافيل (1693 – 1762) في إجراء عملية إزالة السُد (العدسة المعتمة أو الكاتاراك أو الماء الأبيض) لعين مريض.

1747 يقوم الطبيب الإسكتلندي جيمس ليند (1716 – 94) بإجراء التجارب على استخدام الحمضيات لمنع إصابة بحارة البحرية الملكية البريطانية بداء الإسقربوط (تورم اللثة ونزيف الدم منها) (الحمضيات غنية بفيتامين C والذي يسبب نقصه الإصابة بالاسقربوط).

1748 يضع الطبيب الإسكتلندي جون فوثرجل (1712–80) أول وصف دقيق لمرض الدفتريا.



سميت قارورة لايدن بهذا الاسم نسبة إلى الجامعة الهولندية التي اخترعت في معاملها (تعرف اليوم بجامعة ليدن) عام 1745، بواسطة بيتر فان موستشنبروك. والقارورة نوع من أنواع المكثفات الكهربائية تستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية. تشمل القارورة رقائق معدنية ملصوقة على سطحيها الداخلي والخارجي. تمر ساق من النحاس عبر سدادة مصنوعة من مادة عازلة وتتصل من طرفها الآخر بسلسلة معدنية تلامس الرقائق المعدنية داخل القارورة. يمكن شحن المكثف بدعك ساق عازلة بعازل آخر أو استخدام مولد كهروستاتيكي ومن ثم ملامسة الساق المشحونة بساق النحاس. وإذا لامس شخص ساق النحاس الأصفر بعد شحنة فإنه يتأثر بصدمة كهربائية. وبحسب بعض الأقوال المتداولة أن الراهب والفيزيائي الفرنسي جين – أنتوني نولت قام بإيصال قارورة لايدن مشحونة بصف من الرهبان الذين اصطفوا ممسكين أيدي بعضهم وشاهدهم يقفزون في الهواء على إثر الشرارة الكهربائية التي انتقلت إليهم.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

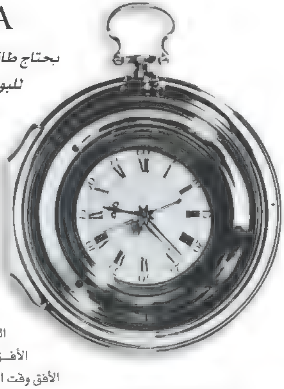
1745 يخترع الفيزيائي الفرنسي بيتر فان موستشنبروك (1692 – 1761) قارورة لايدن، وهو شكل بسيط من أشكال المكثفات الكهربائية.

1746 يطور الكيميائي الإنجليزي جون روبك (1718 – 94) عملية الغرفة الرصاصية لتصنيع حمض الكبريتيك.

1747 يبتكر الفيزيائي والراهب الفرنسي جين – أنتوني نوليت (1700 – 70) جهاز الإلكتروميتر (جهاز لقياس كمية الشحنة الكهربائية).

الملاحة البحرية
NAVIGATION AT SEA

يحتاج طاقم البحارة على ظهر السفن في عرض المحيط معرفة اتجاه سيرهم وكذلك موقعهم بالتحديد. يمكن للبوصلة تحديد الاتجاه، ولذلك شاع استخدامها منذ القرن الثاني عشر الميلادي. لكن لتحديد الموقع بشكل دقيق نحتاج معرفة خطوط الطول والعرض، وهي مسألة أثبتت التجربة صعوبتها البالغة.



▲ تقدم النموذج الخامس لكرونوميتر الذي صنعه هاريسون 4.5 ثانية فقط خلال عشرة أسابيع. كانت الساعة أكبر دقة في عملها في البحر من أية ساعة على الأرض.

تُمثل خطوط عرض المواقع بدلالة المسافة شمالاً أو جنوباً عن خط الإستواء وتقاس بالدرجات: على سبيل المثال تقع مدينة فيلادلفيا في الولايات المتحدة عند خط عرض 400 شمالاً. ويمكن تحديد خط عرض موقع ما بقياس الزاوية التي يرتفع بها جرم سماوي عن الأفق ومن ثم الرجوع إلى الكتب أو الجداول أو التقاويم (الزيج) ذات الصلة. ويمكن قياس زاوية النجم القطبي فوق الأفق ليلاً كما يمكن الاستعانة بزاوية الشمس فوق الأفق وقت الظهيرة نهاراً ومقارنة هذه القياسات بتلك المدونة في الجداول الفلكية لتحديد خط العرض. كان للبحارة الأقدمين آلات عدة لقياس هذه الزوايا. فباستخدام السارية المتعارضة، كان البحارة يمعنون النظر على طول سارية بطول ثلاثة أقدام (متر واحد) وفي الوقت نفسه يحركون قطعة متعارضة أخرى إلى أن يتوازى الجزء السفلي منها مع خط الأفق والجزء العلوي مع خط رصد النجم أو الشمس. ويمكن للبحارة قراءة الزاوية بهذه الطريقة مباشرة من على السارية التي تمت معايرتها من قبل. يعتبر الفلكي الفرنسي ليفي بن جرشوم (1288 – 1344) أول من شرح طريقة قياس زاوية الارتفاع (لمعرفة خط العرض) وذلك عام 1330 واستمر استخدامها حتى القرن الثامن عشر.

ابتكر البحار الإنجليزي جون ديفس (حوالي 1550 – 1605) عام 1594 السارية الخلفية والتي كانت تشير إلى الاتجاه المعاكس وبذلك لم يكن العامل على تحديد زاوية الشمس فوق الأفق ينظر إلى الشمس مباشرة في قيامه بعمله. كما أن آلة ذات الربع تشبه في عملها لتحديد الزوايا أسلوب استخدام السارية، كما استخدمها الفلكيون والرماة لتحديد الزوايا المناسبة لإطلاق القذائف لإصابة الأهداف.

تواريخ مفصلية

1594 السارية الخلفية.

1731 آله ذات الثمن.

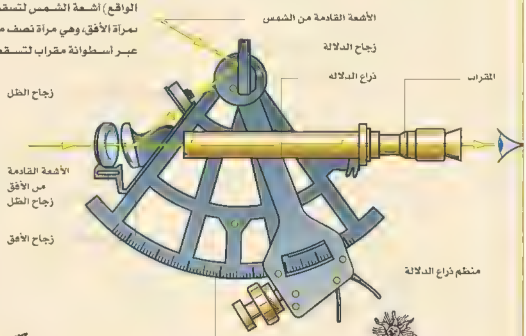
1735 الكرونوميتر.

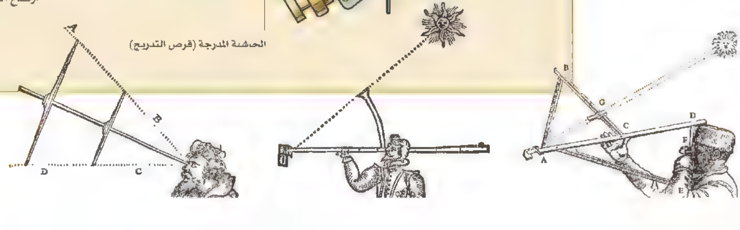
1759 آله ذات السدس.

1759 كسب هاريسون جائزة الكرونوميتر.

آله ذات السُدس

يستخدم الملاحون آله ذات السدس لقياس زاوية ارتفاع الشمس فوق الأفق (أو زاوية ارتفاع أحد النجوم الرئيسية ليلا). وباستخدام جداول خاصة يتم تحويل قراءة الزوايا إلى خطوط عرض المواقع، المسافة الزاوية شمال أو جنوب خط الاستواء. يعكس زجاج الدلالة (مرآة في الواقع) أشعة الشمس لتسقط على سطح مرآة أخرى تعرف بمرآة الأفق، وهي مرآة نصف مفضضة، تعكس بدورها الأشعة عبر أسطوانة مقراب لتسقط على عين الملاح. تساهم مرآة الظل في إنقاص شدة سطوع ضوء الشمس لوقاية العين من التدمير. يصوب الملاح نظره أيضاً على المستوى غير المفضض من مرآة الأفق مغيرًا في الوقت نفسه اتجاه مرآة الدلالة حتى تبدو صورة الشمس وكأنها صادرة من خط الأفق. يبين مؤشر المقياس على الحاشية المدرجة لآلة السدس زاوية ارتفاع الشمس فوق الأفق.





▼ تشمل الآلات الأولى لقياس زاوية ارتفاع الشمس في السماء، لأغراض للملاحة (من اليسار إلى اليمين) السارية المتعارضة، السارية الخلفية وآلة ذات الربع.



▲ اعتمد تحديد خط العرض لموقع ما خلال القرن السابع عشر، قبل ابتكار آلة ذات السدس، على النظر إلى الشمس أو إلى نجم معين. لكن ما زاد الأمر صعوبة القيام بالقياس على سطح سفينة متأرجحة في عرض البحر.

فـي عام 1731 اخترع عالم الرياضيات الإنجليزي جون هادلي (1682 – 1744) آلـة ذات الثمن، التي سـميت خطـأ وقتها بآله الربع لهادلي. من جانبه ابتكر المخترع الإنجليزي – الأمريكي توماس غودفـري (1704 – 49) من مدينة فيلادلفيا، وبشـكل مسـتقل، آلـة تكاد تكون متطابقة مع آله هادلي. يسـتند عمل آلة الثمن على وجود ذراع مرتكزة يمكن تحريكها حتى تأخذ صورة الشـمس وضعاً على خط مرآة أخرى تسـقط عليها صورة الأفق. وكان أقصى زاوية يمكن لآلة الثمن قياسـها هي 45°. جاء اختراع آلة السـدس (التي يمكنها قياس زاوية مقدارها 60°) كتطوير مباشـر لآلة الثمن، وقد قـام بخطوة التطوير هذه ضابط البحرية الإسـكتلندي جون كامبل (حوالي 1720 – 90) في عام 1757. بقيت آلة السدس أداة الملاحة العيارية لما يقارب 250 عاما. بل اتسـع استخدامها ليشمل الملاحة على مـتن الطائرات إلى وقت أن حل محلها المرشـد الراديوي ومن ثـم نظم تحديد المواقع العالميـة (GPS) التي تعتمد في عملها على التوابع الصنعية.

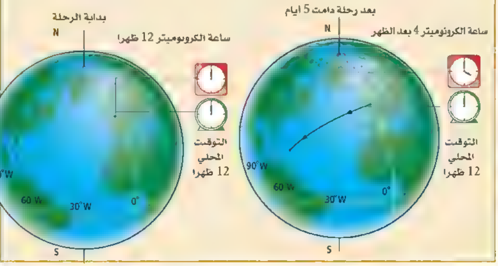
قرر مؤتمر عالمي عام 1884 اتخاذ الخط المار بمرصد غرينتش بلندن خط زوال رئيسـي (خط الطـول 0°). لكن إيجاد خط طول أي موقع آخر – شـرق أو غرب خـط زوال غرينتش – (خط الطول 0°) – كان أصعب بكثير من مسألة حساب خطوط العرض. فلقرون طويلة اعتمد البحارة في هذا المضمار على قياس الزاوية بين القمر وجرم سـماوي آخر ومـن ثم الرجوع إلى الجـداول الفلكية (الزيج) التـي تبين مواقـع القمر يوما بيوم. وقد قـام الفلكي الألماني يوهان ميوللر (1436 – 76)، المعروف أيضا بلقب **ريجومونتانوس**، بوضع أول جدول فلكـي لمواقع القمر عام 1474. ونشـرت هذه الجداول عام 1766 ضمن كتاب *التقويم المُقدي* لمعده الفلكي الإنجليزي نفل ماسـكلين (1732 – 1811) ونقحت هذه الجداول بعد ذلك بشكل سنوي.

يعتمد حل معضلـة تحديد خطوط الطول علـى إيجاد طريقة لمعرفة الوقت عنـد موقع ما بدقة متناهية، والذي يعتمد بدوره على مقدار خط الطول. فعندما تكون السـاعة في لندن بإنجلترا، مثلاً، الثانية عشـرة ظهرا يكون الوقـت في مدينة فيلادلفيا بنسـلفانيا السـابعة صباحا (خط طـول 75° غرباً تقريبـا). وبذلك لو علمنا الوقت في أي موقع آخر عند زمن الزوال في لندن تمكنا من حساب خـط طول ذلك الموقع. ولهذا الغرض نحتاج إلى كرونوميتر، سـاعة غاية فـي الدقة. وضعت الحكومـة البريطانية عـام 1714 جائزة مقدارها 20,000 £ للشـخص الذي يبتكر مثل هذا الموقت الدقيق. وكان الشرط الرئيسي لكسب الجائزة أن لا تفقد أو تكتسب «الساعة البحريـة» أكثر من دقيقتين خلال رحلة بحريـة بين بريطانيا وجزر الهند الغربية والعودة ثانية التي تستغرق مدة ستة أسابيع.

قبل صانع الساعات الإنجليزي جون هاريسون (1693 – 1776) هذا التحدي وابتكر عام 1735 أول كرونوميتر. لكن محاولته الرابعة عام 1759 هي التي أكسبته الرهان والجائزة (حصل هاريسون على نصف الجائزة فقط إذ أمسـكت الحكومة البريطانية النصف الآخر بدعوى الحاجة إلى برهان بإمكانية تصنيع نسخ متطابقة). لم يتسلم هاريسـون بقيه الجائزة حتـى عام 1773 عند ترافـع الملك جورج الثالث دفاعا عن قضيته.

تحديد خط الطول

توضح الرسـوم أدناه آلية تحديد خط الطول موقع سـفينة في عرض البحر – أي موقعها إلى الشـرق أو الغرب من خط الزوال المرجعي 0° باستخدام الكرونوميتر (ساعة غاية في الدقة) تبحر السفينة من غرينتش، حيث خط لزوال المرجعي، في الساعة 12 ظهراً بحسب التوقيت المحلي. بعد رحلة غرباً لمدة خمسة أيام يشير الكرونوميتر إلى الساعة الرابعة بعد الظهر محلياً (يمكن تحديد الوقت بسهوله باسـتخدام آله ذات السـدس مدرجة لتحديد الزوال محلياً برسـم نقطة أوج الشمس) بمعنى آخر فأن الوقت المحلي متأخر بأربع ساعات عن توقيت غرينتش، بحسب قراءة الكرونوميتر. أي أن الأرض دارت حـول محورهـا لفترة أربع سـاعات منذ لحظـة الزوال عند غرينتش. تمثل الأربع سـاعات سُـدس دورة الأرض الكاملة، أي من سُدس 360°. من ذلك تستخلص أن خط عرض موقع السفينة هو 60° غربا.



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1750 يرصد الفلكي الفرنسي غيوم ليجنتيل دي لا غليسير (1725 – 92) السديم ثلاثي الشعب (M20) في حشد القوس (الرامي). أطلق الفلكي الإنجليزي جون هيرتشل (1792 – 1871) هذا الاسم على السديم لوجود صدوع معتمة ثلاثة تقسم السديم وتتلاقى في مركزه.

1751 يقود الفلكي الفرنسي نيكولا دي لاكيل (1713 – 62) حملة استكشافية إلى رأس الرجاء الصالح لرصد نجوم السماء الجنوبية. تؤدي نتائج رصده إلى استنباط أول حساب دقيق للمسافة بين الأرض والقمر.

1755 يشرح الفيلسوف الألماني إيمانويل كنت (1724 – 1804) نظريته حول تكون النظام الشمسي وذلك في مؤلفه *التاريخ الكوني للطبيعة ونظرية الأجرام السماوية*. يفترض كنت في نظريته تشكل النظام الشمسي من سديم غازي دوار، كما يذهب إلى أن مجرتنا ليست إلا واحدة من مجرات عديدة في الكون.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1751 يكتشف الكيميائي السويدي أكسل كرونستدت (1722 – 65) عنصر النيكل.

1752 يوضح العالم والسياسي الأمريكي *بنجامين فرانكلين* (1706 – 90) الطبيعة الكهربائية للبرق من خلال تجربة الطائرة الورقية الشهيرة التي أجراها.

1758 يستحدث الكيميائي الألماني أندريز مارغراف (1709 – 82) مقاربة استخدام اللهب كأسلوب في التحليل الكيميائي. (عند اشتعال العناصر المعدنية المختلفة ينبعث من كلٍ منها لون مميز لتوهج غازات اللهب).



ولد روبرت بيكويل الخراف المسماة بخراف ليسسترشاير، وهي نوع من الخراف الجديدة تتميز بصوفها الطويل الخشن ولحومها عالية النوعية.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1752 يكتشف الكيميائي الفرنسي رينيه – أنتوني فيرتشولت دي روميير (1683 – 1757) الدور الذي تلعبه العصارة المعدية في عملية هضم الطعام.

1760 يستخدم المزارع الإنجليزي روبرت بيكويل (1725 – 95) أسلوب التوليد الإنتخابي لتحسين أنواع حيوانات الحقل.

1761 يستحدث الطبيب النمساوي ليوبولد أونبرجر (1722 – 1809) أسلوب التشخيص بالنقر، الذي يشمل الربت على صدر المريض والاستماع إلى نوعية الصوت الناتج.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1750 يصنع المهندس الألماني يوهان سغنر (1704 – 77) دولاب الماء التفاعلي (يتم إدارة الدولاب بقوة نفث الماء).

1753 يبتكر المهندس الإسكتلندي تشارلز موريسون مبرقة تحتوي على 26 سلكاً كهربائياً (يمثل كل سلك حرفاً أبجديا).

1756 يستحدث المهندس الإنجليزي جون سميتون (1724 – 92) إسمنت «الكلس المائي» للاستخدام تحت الماء (لبناء الفنارات).

1757 يخترع صانع الساعات الإنجليزي توماس مودج (1715 – 94) ذراع الإفلات للساعات، لكن الاختراع لم يطبق حتى عام 1770.

1757 ينهي المهندس الإنجليزي هنري بري (1720 – 1812) تشييد أول قناة حديثة في شمالي غرب إنجلترا والمعروفة بقناة سانكي بروك نافغيشن.



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1758 يرصد الفلكي الألماني يوهان بالزتشك (1723 – 88) مذنب هيلي عند عودته إلى سماء الأرض بحسب ما تنبأ به **إدموند هيلي** (1656 – 1742) عام 1682.

1761 يرصد العالم الروسي ميخائيل لومونسوف (1711 – 65) عبور كوكب الزهرة قرص الشمس ويستنتج وجود غلاف جوي للكوكب.

1762 ينشر الفلكي الإنجليزي جيمس برادلي (1693 – 1762) كاتلوجا للنجوم يحتوي على مواقع 60,000 نجم.

1764 يفسر عالم الرياضيات الفرنسي جوزيف لاغرانج (1736 – 1813) ظاهرة نوسان القمر، وتتعلق «بالميل» البسيط لمحوره مما يؤدي إلى مشاهدتنا لأكثر من 50 % من سطحه فقط.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1760 يصوغ الفيزيائي الفرنسي يوهان لامبرت (1728 – 77) قانون لامبرت، الذي ينص على أن شدة الضوء (السطوع) الساقط عمودياً على سطح ما تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء (قانون التربيع العكسي).

1761 يستحدث الكيميائي الإسكتلندي جوزف بلاك (1728 – 99) مفهوم طاقة حرارة الكمون. وتعرف طاقة حرارة الكمون بالكمية « الزائدة » من الحرارة التي لابد من توفيرها لجسم عند درجة انصهاره قبل أن يبدأ الجسم بالانصهار فعليا (أو السائل عند درجة غليانه قبل أن يبدأ فعليا بالغليان).

1762 يبرهن الفيزيائي الإنجليزي جون كانتون (1718 – 72) أن الماء سائل قابل للانضغاط، وذلك على نقيض الآراء السائدة حينها.



اكتشف جوزف كولرويتر عام 1763 كيفية قيام الحشرات بتلقيح الأزهار.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1761 يؤسس الطبيب الإيطالي جيوفاني مورغاغني (1682 – 1771) علم الأمراض وذلك في مؤلفه *أسس وأسباب الأمراض*.

1762 انقراض الطائر الناسك (*بيزوفابس سوليتاريا*) في جزيرة رودرغوز في المحيط الهندي، والطير الناسك نوع من طيور الدودو التي لا تقوى على الطيران.

1762 تأسيس المعهد الوطني لأمراض الحيوانات في مدينة ليون بفرنسا، وهو أول كلية وطنية في هذا العلم.

1763 يكتشف عالم النبات الألماني جوزف كولرويتر (1733 – 1806) دور الحشرات في تلقيح الأزهار.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1758 يبتكر النساج الإنجليزي جيديديا ستروت (1726 – 97) إطار الجوارب، وهو آلة لتصنيع الجوارب المزدوجة.

1758 يصنع النظاراتي الإنجليزي جون دولوند (1706 – 61) العدسات اللالونية (تتكون من جزئين من نوعين مختلفين من الزجاج التاجي والزجاج الصواني).

1761 ينتهي المهندس الإنجليزي جميس برندلي (1716 – 72) من تشييد قناة بريدجووتر، الذي شيد لدوق مدينة بريدجووتر لنقل الفحم من مناجمه إلى مدينة مانتشستر في شمال إنجلترا.

1762 يبتكر إيرل مدينة ساندويتش النبيل جون مونتاغيو (1718 – 92) شطيرة السندويتش (اخترع الشطيرة حتى يبقى على طاولة القمار خلال تناوله وجباته).

1764 يخترع الميكانيكي الإنجليزي جميس هارغريفز (توفي عام 1778) آلة الغزل الدوارة (المترجم: عرفت الآلة بالجنية نظراً لسرعاتها الكبيرة مقارنة بالمغازل التقليدية) لغزل عدد كبير من الجدائل الصوفية أو القطنية في آنٍ واحد.

1764 يستحدث المهندس الفرنسي بيير تريساغوت (1716 – 96) نظاماً لتشييد الطرق في فرنسا.



كان التصميم الأصلي للدولاب الدوار عام 1764 في وضع أفقي تقريباً مما سمح بلف 12 جديلة في آن واحد.

▶ انتهى تشييد قناة بريدجووتر عام 1761.

بنجامن فرانكلن (1706-90)
BENJAMIN FRANKLIN (1706–90)

مثل بنجامن فرانكلن شخصية مركبة اتسمت بمزيج غير عادي من رجل الدولة ورجل العلم. فقد لعب دوراً هاماً في تطور الولايات المتحدة حديثة الولادة كما صنع إنجازات مهمة في علم الفيزياء. كما أنه كان مبتكرا موهوبا ومازالت بعض اختراعاته قيد الاستخدام في العالم.



▲ تعود اللوحة المنحوتة إلى عام 1787 وتظهر بنجامن فرانكلن وهو يذنب أعمال من سبقوه بهدف تأليف «حكاياته» الخاصة.

ولد بنجامن فرانكلن في مدينة بوسطن لعائلة تضم 17 طفلاً وترك المدرسة عند بلوغه سن العاشرة. وبعد سنتين التحق مساعداً لأخيه جميس للعمل في المطبعة. ببلوغه سن الثامنة عشر تولى فرانكلن نشر صحيفة نيوانجلند كيورانت التي أسسها أخوه. لكنه لم يستمر في عمله هذا طويلا إذ انتقل إلى مدينة فيلادلفيا ليؤسس مطبعته الخاصة. ارتحل فرانكلن عام 1724 إلى إنجلترا ليعود بعد سنتين وينشر المجلد الأول من مؤلفه *تقويم الفقير ريتشارد* عام 1733، ضم مجموعة من المقالات في شتى الموضوعات بهدف «نشر التعاليم بين عامة الناس». تقلد فرانكلن عدداً من المناصب العامة كما ساهم في كتابة وثيقة الاستقلال عام 1766. سافر فرانكلن إلى باريس لجمع التأييد الدولي للقضية الأمريكية خلال حرب الاستقلال، وخلال تواجده هناك شاهد استعراض رحلة البالون الحار للأخوين **مونتغولفاير** عام 1783. كان فرانكلن من المؤيدين الصلبين لإلغاء العبودية، وتقاعد من الحياة العامة عام 1788.

أجرى فرانكلن خلال مراحل حياته عدداً من التجارب العلمية. ودون ريب فإن أشهر تجاربه كانت أخطرها على الأطلاق وأجراها عام 1752. في هذه التجربة ربط فرانكلن مفتاحاً معدنياً بخيط مبلول لطائرة ورقية طيرها خلال حدوث عاصفة رعدية. نتيجة لذلك سرى «سائل» كهربائي من الرعد عبر الخيط المبلل والمفتاح المعدني المتصل من طرفه الآخر بقارورة لايدن (نوع بدائي من المكثفات الكهربائية). وبذلك برهن فرانكلن على الطبيعة الكهربائية للرعد وصك مصطلحا «الموجب» و«السالب» للترميز إلى نوعي الشحنات الكهربائية الساكنة. من المفارقات أن عدداً من العلماء في أوروبا لقوا حتفهم بإصابتهم بشرارة الرعد عند محاولتهم إعادة إجراء تجربة فرانكلن. من جانبه نجى فرانكلن من الكارثة بتصميمه طريقة لوقاية نفسه من الشرارة الكهربائية.

ابتكر فرانكلن، كوسيلة وقاية، عمود الرعد، وهو سلك مدبب مصنوع من مادة موصلة يوضع فوق سطح البناية ويتصل بالأرض من خلال سلك معدني غليظ متصل من طرفه الآخر بلوح معدني مدفون تحت التراب. والجدير بالذكر أن جميع المباني الشاهقة يعلوها اليوم عمود الرعد. فسر فرانكلن نتائج تجربته باعتبار السحب الرعدية سحباً مشحونة كهربائيا. من جانب آخر توصل إلى أن الشفق الشمالي ظاهرة كهربائية بطبيعتها.

«ليس هناك في الحياة من حقيقة سوى الموت والضرائب»

في إجابته على سؤال حول فائدة بالون الهواء الساخن «ما فائدة الطفل حديث الولادة»

بنجامن فرانكلن

كان لفرانكلن اهتمامات علمية أخرى، فعلى نقيض رأي معاصريه رفض النظرية الجسيمية للضوء التي كان نيوتن ينادي بها مفضلا النظرية الموجية لمدرسة **روبرت هوك** وآخرين. كما اقترح أن تسخين الهواء قرب سطح الأرض يؤدي إلى تمدده واندفاعه نحو الأعلى بشكل لولبي، مسبباً الأعاصير البرية والأعاصير الدوامية في المحيطات. علاوة على ذلك عكف فرانكلن على دراسة التيارات المائية في الخليج، وهي تيارات مياه دافئة تجري عبر المحيط الأطلسي واقترح أن يقوم ربابنة السفن باستخدام الثرمومترات لتحديد اتجاه التيارات والاستفادة منها في الإبحار (أو لتجنبها اعتماداً على مسار الإبحار). وعلى شرفه وتخليدا لذكراه أسس معهد فرانكلن في مدينة فيلادلفيا عام 1824.

◀ تصور رومانسي لفنان للتجربة الشهيرة لفرانكلن، أطلق فرانكلن طائرة ورقية في جو مرعد ووجد أن الخيط المبلل المتصل بالطائرة نقل الكهرباء من العاصفة الرعدية وشحن مكثفاً كهربائياً.

تواريخ مفصلية

1733 نشر الطبعة الأولى من كتاب تقويم الفقير ريتشارد.

1742 ابتكار موقد فرانكلن.

1752 إجراء تجربة الطائرة الورقية وابتكار عمود الرعد.

1784 اختراع النظارة ثنائية العدسات.

الموقد المنزلي

ابتكر فرانكلن على مستوى الحاجات المنزلية الكرسي الهزاز، وكذلك الموقد المنزلي عام 1742. سمي الموقد مدفأة بنسلفانيا وتميز بكفاءة عالية في الاحتراق نظراً لاحتوائه على أنبوب لإمرار تيار الهواء موضوع تحت أرضيته. كان فرانكلن مصاباً بقصر النظر في عينيه مما استدعى استخدامه العدسات للقراءة. وفي الوقت نفسه كان يحتاج إلى عدسات أخرى لرؤية الأجسام البعيدة، ومع انزعاجه للحاجة إلى تغيير العدسات، ابتكر فرانكلن العدسة الثنائية (المزدوجة) في حوالي عام 1784. صمم فرانكلن نظارته الطبية بعدستين – العدسة العلوية لرؤية الأجسام البعيدة والسفلية للأجسام القريبة. إضافة إلى هذه الانجازات اقترح فرانكلن استحداث نظام التوقيت الصيفي بهدف الحفاظ على الطاقة.



◀ ابتكر فرانكلن العدسات الثنائية (المزدوجة) التي تحسن من قدرة الإبصار للأجسام القريبة والبعيدة على حد سواء.

انظر ايضا اسحق نيوتن 4: 20-21؛ مايكل فارادي 5: 36-37



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1762 ينشر العالم جون ونثروب (1714 – 79)، من المستعمرات البريطانية في أمريكا، كتاب *تقرير عن بعض الشهب الملتهبة* يضمنه حساب كتل بعض الشهب. وفي عام 1772 يهدي جامعة هارفارد أولى مقاريبه.

1767 يبرهن الفيزيائي الألماني يوهان لامبرت (1728 – 77) أن قيمة π (النسبة بين محيط الدائرة إلى قطرها) عدد أصم – لا يمكن التعبير عنه بكسر من عددين صحيحين.

1767 يقوم الفلكي الإنجليزي نفل ماسكلين (1732 – 1811) بتحرير الطبعة الأولى من *التقويم المُقدي*، وهو مؤلف يضم جداول فلكية وجداول غيرها ويستمر إصداره بعد ذلك حوليا.

1767 يضع عالم الرياضيات السويسري ليونارد يولير (1707 – 83) قواعد علم الجبر في كتابه *المبادئ الكاملة في الجبر*.

1769 وقوع ظاهرة عبور كوكب الزهرة (عندما يمر الكوكب عبر قرص الشمس). تقوم حملتان استكشافيتان لرصد الظاهرة، الأولى بقيادة الإنجليزي جيمس كوك (1728 – 79) في تاهيتي والأخرى بقيادة عالم الطبيعيات الألماني بيتر بالاس (1741 – 1811) في منطقة الحدود بين الصين وروسيا.

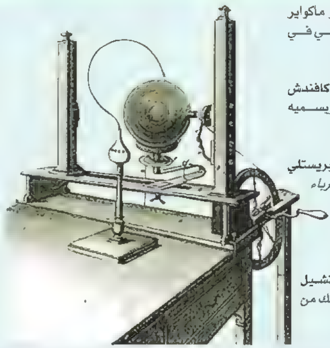
1770 يكتشف الفلكي السويدي أندريز ليكسل (1740 – 84) مذنب ليكسل، وهو أول مذنب يرصد من نوع المذنبات المعروفة بالمذنبات قصيرة الحياة (كان مذنب ليكسل حينها يدور حول الشمس دورة كاملة كل 5.6 سنة).

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1766 ينشر الكيميائي الفرنسي بيير ماكواير (1718 – 84) أول قاموس منهجي في الكيمياء.

1766 يكتشف العالم الإنجليزي **هنري كافندش** (1731 – 1810) الهيدروجين ويسميه «الهواء غير القابل للاشتعال».

1769 ينشر الكيميائي الإنجليزي **جوزف بريستلي** (1733 – 1804) كتاب *تاريخ الكهرباء ووضعها الحالي*، يفترض فيه سلوك القوى الكهربائية بحسب قانون التربيع العكسي.



1770 يعزل الكيميائي السويدي **كارل تشيل** (1742 – 86) حمض الطرطريك من زبدة الطرطر.

1771 يستخدم الجيولوجي السويسري جين ديلوك (1727 – 1817) البارومتر لقياس ارتفاعات الجبال (يتناقص الضغط الجوي مع الارتفاع عن سطح البحر).

1771 يبرهن الطبيب والفيزيائي الإيطالي لويجي غالفاني (1737 – 98) على ارتعاش عضلات ضفدع مشرح عند تحفيزها بالكهرباء، كما يثبت في وقت لاحق حدوث التأثير نفسه باستخدام معادن معينة.

إلى اليمين: آلة جوزف بريستلي الكهربائية.

إلى اليسار: استخدم لويجي غالفاني الحيوانات من مثل الضفادع والخراف في إجراء تجاربه على الكهرباء.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1765 يبتكر صانع الساعات الإنجليزي توماس مودج (1715 – 94) نظام إفلات المرساة الحرة لاستخدامه في الساعات ذات الميزان الدولابي المهتز.

1765 يبتكر عالم الطبيعيات الإيطالي لازارو سبلانزي (1729 – 99) طريقة لحفظ الطعام تستخدم أوعية كيميائية لا تتأثر بالمحيط الخارجي.

1765 تأسيس أول معهد للتعدين في العالم وذلك في مدينة فرايبيرغ بألمانيا.

1765 تدشين أول مدرسة للطب في الولايات المتحدة في كلية بنسلفانيا.

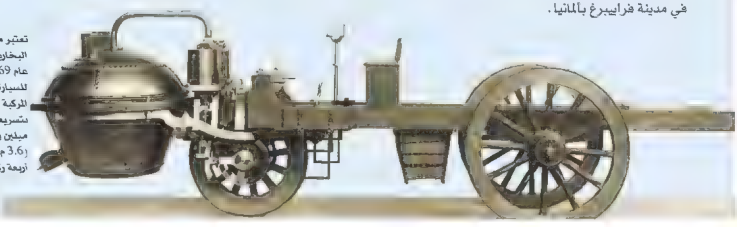
1765 يشيد المهندس الإسكتلندي ***جميس وات*** (1736 – 1819) أول آلة بخارية ذات مكثف منفصل.

1768 يبتكر الكيميائي الفرنسي أنتوني بوم (1728 – 1804) الهايدروميتر أو المرطاب (يسميه حينها مقياس الهواء)، كما يبتكر مقياساً جديدا للكثافة لمعايرة المرطاب.

حوالي 1769 يصمم المهندس الإنجليزي **جون سميتون** (1724 – 92) آلة لخراطة الأسطوانات.

1769 يخترع الصانع الإنجليزي ريتشارد آركرايت (1732 – 92) الإطار الدوار لاستخدامه في لف الخيوط القطنية القوية.

1769 يصنع مهندس الحربية الفرنسي نيكولاس جوزف كوغنوت (1725 – 1804) مركبة بعجلات ثلاث تدار بواسطة البخار (لاستخدامها لنقل المدافع).



تعتبر مركبة كوغنوت البخارية، التي شيدها عام 1769، أول ظهور للسيارة. بلغت قوة المركبة مدى يسمح بتسريعها إلى سرعة ميلين وربع في الساعة (3.6 كم/ ساعة) بحمولة أربعة ركاب.

انظر ايضا الآلة البخارية 4: 44–45؛ جيمس وات 5: 8–9؛ آلات النسيج 5: 12–13

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY AND MATH

1772 يصوغ الفلكي الألماني يوهان بوود (1747 – 1826) علاقة تربط المسافة بين الشمس وكواكب المجموعة الشمسية، وتعرف العلاقة بمعادلة بوود. وقد سبق الفلكي الألماني يوهان تيتوس (1729 – 96) وضع العلاقة نفسها عام 1766، لكن الاعتقاد السائد الآن أن العلاقة لا تمثل ظاهرة فيزيائية بل مجرد صدفة.

1773 يعكف عالم الرياضيات الفرنسي بيير سيمون دي لابلاس (1749 – 1827) على دراسة أفلاك الكواكب مستخدماً قانون نيوتن في الجاذبية للبرهان على استقرار النظام الشمسي ذاتياً.

1773 يبحث الفلكي الإنجليزي الألماني الأصل **وليام هيرتشل** (1738 – 1822) في مسألة الحركة الحقيقة لعدد 13 نجماً من النجوم البعيدة ويكتشف أن الشمس تتحرك تدريجياً في الفضاء باتجاه الحشد النجمي هرقل. كما يقوم بعد سنة باستخدام مقرابه العاكس الجديد الذي يبلغ طوله 5.6 قدم (1.7 م) لرصد النجوم.

1774 يؤسس الفلكي الألماني يوهان بوود (1747 – 1826) نشر *حولية الكتاب السنوي في علم الفلك* ويعتبر المكافئ الألماني لحولية التقويم العقدي الإنجليزي.

1774 يحسب الفلكي الإنجليزي نفل ماسكلين (1732 – 1811) القيمة العددية لثابت الجاذبية (ثابت التناسب في القانون العام للجاذبية لنيوتن)، وبذلك يتمكن من حساب متوسط كثافة كوكب الأرض.

الكيمياء والفيزياء CHEMISTRY AND PHYSICS

1772 ينشر عالم التعدين الفرنسي جين روميه دي ليزلي (1736 – 90) مؤلفاً بعنوان *مقالات في علم البلورات*، ينص فيه على بقاء الزوايا بين أسطح البلورات ثابتة القيمة.

1772 يكتشف الكيميائي الإسكتلندي دانيال رذرفورد (1749 – 1819) عنصر النيتروجين.

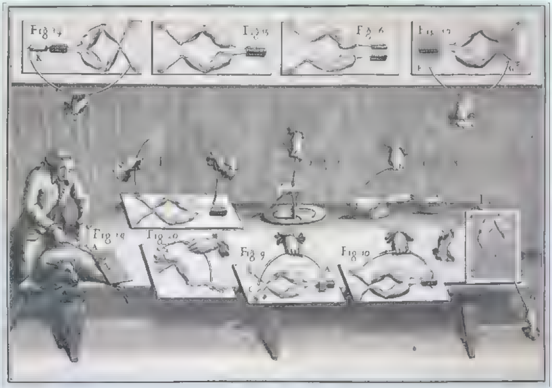
1772 يكتشف الكيميائي السويدي **كارل تشيل** (1742 – 86) عنصر الأكسجين، لكنه لم ينشر نتائجه حتى عام 1777.

1774 يكتشف الكيميائي الإنجليزي **جوزف بريستلي** (1733 – 1804) عنصر الأكسجين وينشر نتائجه، كما يصف خلال السنة نفسها الأمونيا.

1774 يكتشف الكيميائي السويدي **كارل تشيل** (1742 – 86) عناصر الباريوم والكلور والمنجنيز.

1774 يصبح عالم التعدين السويدي يوهان غاهن (1745 – 1818) أول من يعزل عنصر المنغنيز.

1774 يبرهن الكيميائي الفرنسي **انتوني لافوازيه** (1743 – 94) قانون بقاء الكتلة (في التفاعلات الكيميائية).



الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

1769 تنتج الصانعة الإنجليزية إليانور كوود (1736 – 1821) نوعاً من الحجر الاصطناعي (يعرف بحجر كوود) لاستخدامه في صنع قوالب التماثيل وأدوات الزخرفة.

1769 يشيد الفلكي الأمريكي ديفيد ريتنهاوس (1732 – 96) أول مقراب فلكي في الولايات المتحدة.

1770 يبتكر الكيميائي الإنجليزي **جوزف بريستلي** (1733 – 1804) ممحاة أقلام الرصاص.

1770 يشيد المخترع الفرنسي جاك دي فوكانسون (1709 – 82) آلة نسيج تستخدم سلسلة في نظام إدارتها، وهو الاستخدام الأول للسلاسل في إدارة الآلات في أوروبا.

1770 يطور صانع الساعات الفرنسي أبراهام – لويس بيريلت (1729 – 1826) ساعة آلية الملء .

1772 ينتهي المهندس الفرنسي جين بيرونت (1708 – 94) من تشييد جسر بونت دي نولي، الحجري على نهر السين قرب باريس. يضحى الجسر نموذجاً يحتذى به في بناء الجسور.

1772 يسجل المخترع الإنجليزي هنري كلي براءة اختراع عجينة الورق لاستعمالها في تصنيع الورق.

1774 يبتكر صانع الأدوات الإنجليزي جيسي رامزدن (1735 – 1800) آلة يسميها «آلة التجزئة» تستخدم لحفر قراءة التدريج على الأدوات العلمية.

1774 يسجل المهندس الإنجليزي جون ويلكنسون (1728 – 1808) اختراع آلة لخراطة المدافع بدقة، تستخدم الآلة أيضا في خراطة أسطوانات الآلات البخارية.

الآلة البخارية

THE STEAM ENGINE

منذ زمن قدماء المصريين وحتى نهاية القرن السابع عشر ميلادي وفرت قوتا الرياح والمياه البديلان الوحيدان لقوة عضلات الإنسان والحيوان. لكن الوضع تغير بشكل دراماتيكي مع اختراع الآلة البخارية التي شملت سلسلة من الأحداث والتطورات بدأت عام 1690 وتوجت عام 1765 بابتكارات جميس وات.



▲ استخدمت مناجم الفحم آلات البخار الجديدة لإدارة المضخات التي تقوم برفع المياه من مناطق عميقة تحت الأرض.

لم تستخدم آلات البخار الأولى ضغط البخار لتوفير القدرة لإدارتها، بل استخدمت ضغط الهواء الجوي. ولهذا السبب سميت تلك الآلات بالآت الهواء الجوي، وهو تعبير أدق دون شك. كان الفيزيائي الفرنسي **دينس بابن** (1647 – 1712) أول من ابتكر آلة الهواء وذلك خلال عمله في إنجلترا. تتكون آلة الهواء من أسطوانة مفتوحة من الأعلى توضع بشكل عمودي مع مكبس مغلق يحتوي على الماء منطابق بمقاييسه داخل الأسطوانة. وبتسخين قاعدة الأسطوانة يغلي الماء ليتحول بخاراً فيرفع ضغط البخار المكبس إلى الأعلى ليبقي مرتفعاً خلال فترة تبريد الأسطوانة. يتكثف البخار داخل المبكس إلى ماء سائل فينتج بذلك فراغاً (خلاء) جزئياً داخل الأسطوانة. نتيجة لذلك يدفع الضغط الجوي المطبق على السطح العلوي للمكبس المكبس إلى الأسفل. وبربط حبل يمر على بكرة ملساء يمكن رفع حمل مربوط بالطرف الآخر من الحبل أو للعمل كمضخة.

سجل مهندس التعدين الإنجليزي **توماس سيفري** (حوالي 1650 – 1715) عام 1698 براءة اختراع آلة قريبة من آلة الهواء لكنها عملية أكثر فمثلت بذلك نواة مضخة البخار. لم تحتو آلة سيفري مكبساً أو أجزاء أخرى قابلة للحركة، بل احتوت صمامات تفتح وتغلق يدوياً لتوفر تشغيلاً متواصلاً للآلة. استند مبدأ عمل الآلة على إمرار بخار ماء تنتجه غلاية إلى غرفة الشغل المزودة برشاشات تنفث رذاذ ماء بارد تعمل على تكثيف البخار. وبفعل الفراغ (الخلاء) الجزئي الناشئ في الغرفة يرتفع الماء من خلال صمام ذي اتجاه واحد إلى الغرفة. بالسماح للبخار بالدخول إلى الغرفة مرة أخرى يندفع الماء خارج الغرفة وإلى الأعلى عبر صمام آخر أحادي الاتجاه.

في عام 1712 طور المهندس الإنجليزي **توماس نيوكومون** (1663 – 1729)، إلى حد الكمال، أول آلة تستخدم ضغط البخار لتشغيل مكبس. ونظراً لطريقة تصميم آلات نيوكومون أصطلح الناس على تسميتها بالآلة العمودية. لم يتمكن نيوكومون من تسجيل براءة اختراع لآلته نظراً لتشابه عملها مبدئياً من عمل آلة سيفري، ولذلك كون الرجلان شركة لإنتاج آلات البخار.



▼ يعود تاريخ هذا النموذج لآلة سيفري التي تعمل تحت الضغط الجوي إلى النصف الثاني من القرن 18، وخلال الفترة نفسها راجت آلة بخار نيوكومون وارتفعت مبيعاتها في السوق.

بقي وضع تطور آلة البخار على حاله حتى عام 1764 عندما استلم المهندس الإسكتلندي ***جيمس وات*** (1736 – 1819) إحدى نماذج آلة نيوكومون لتصليحها. استرعى انتباه وات كمية الطاقة الكبيرة التي تهدر في تسخين الأسطوانات وتبريدها بعد ذلك. وفي عام 1765 هداه تفكيره إلى إضافة مكثف خارجي منفصل إلى آلة نيوكومون. علاوة على ذلك استخدم وات البخار لدفع المكبس إلى الأعلى وتياراً من البخار منخفض الضغط من الناحية الثانية لدفعه إلى الأسفل بعد ذلك. كانت نتيجة الفعل المزدوج للبخار رفع كفاءة الآلة بشكل كبير.

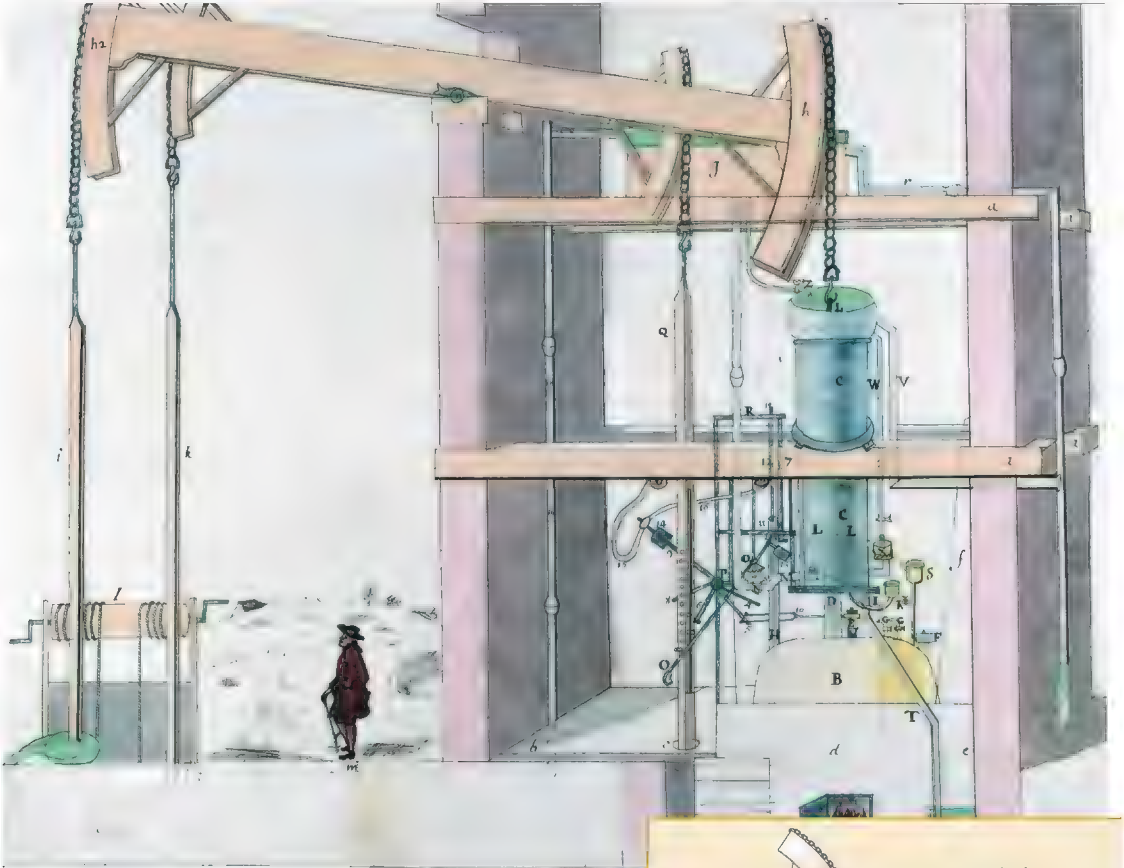
تمثل التطور التالي في زيادة ضغط البخار في الآلة – ما يعرف بحسب المصطلح المستخدم اليوم «البخار الشديد». لكن هذا التطور لم يكن ليحدث لولا التطور في صنع الأسطوانات المناسبة لتكون أكثر التصاقاً بجدران المكابس وتطور غلايات أكثر أماناً تحت ظرف الضغط العالي للبخار. تحققت هذه الانجازات عام 1800 عندما انتهت مدة صلاحية براءة اختراع وات. في العام التالي بدأ المخترع الإنجليزي **ريتشارد ترفثك** (1771 – 1833) إنتاج الآلات مزدوجة الفعل تستخدم البخار عالي الضغط. استبعد ترفثك المكثف الخارجي واستخدم البخار المهدور ليسخن تيار الماء الداخل إلى الغلاية. وخلال أربع سنوات أنتج 50 آلة من النوع الجديد استخدم

آلة بخار نيوكومون

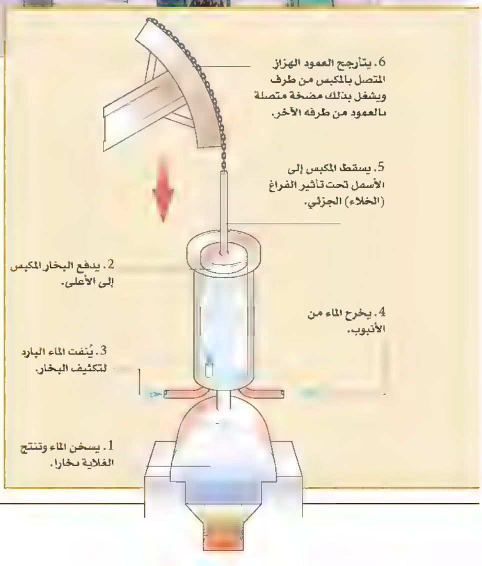
تعتبر آلة بخار نيوكومون أول آلة بخارية. فعلى خلاف آلة سيفري، استخدمت آلة نيوكومون ضغط البخار مباشرة لدفع المكابس، بدلاً من الضغط الجوي. ورغم ذلك كان تصميم نيوكومون قريباً جداً من تصميم سيفري مما دفع نيوكومون إلى عقد اتفاق مع سيفري تمكن بموجبة من تسويق منتجه تحت براءة اختراع سيفري.

استند عمل آلة نيوكومون على دفع مكبس مفتوح للجو من الأعلى بواسطة بخار مغلي، ومن ثم تكثيف البخار برش رذاذ من الماء البارد داخل أسطوانة الآلة منتجاً بذلك فراغاً (خلاء) جزئيا الذي يؤدي بدوره إلى سحب المكبس إلى الأسفل. يتصل المكبس بعمود طويل يتصل طرفه الآخر بمضخة. مع حركة المكبس عمودياً إلى الأعلى والأسفل يهتز العمود جينة وذهابا ليشغل المضخة بشكل مستمر.

كانت قدرة آلة نيوكومون كافية لإنتاج 12 شوطاً كاملاً في الدقيقة الواحدة. لكن، ونظراً لحاجتها لتسخين المياه وتبريدها خلال كل شوط احتاجت إلى استهلاك كمية كبيرة من الوقود. كيف وات آلة نيوكومون عام 1765 بإضافة مكثف خارجي، مما أدى إلى بقاء الأسطوانة حارة والمكثف بارداً بشكل مستمر مؤديا بذلك إلى توفير كم هائل من الوقود.



▲ شيدت آلة نيوكومون الهائلة المبنية في مصنع للمياه في لندن في حوالي عام 1730. تقوم الآلة بضخ المياه من نهر التايمز إلى شبكة أنابيب تخدم المنازل والمصانع في المدينة.



معظمهـا فـي المناجم البريطانيـة وفي بيرو وأجـزاء أخرى من أمريكا الشمالية في وقت لاحق.

من سـمات آلات البخار الأولى حركة المكابس عمودياً (إلى الأعلى والأسـفل). لكن، وباسـتثناء المضخـات، كانت المحركات الصناعية بحاجة إلى مصدر للحركة الدورانية. واعتمد عمل هذه المحركات، قبل دخول عصر آلة البخار، على دواليب المياه. بحلول عـام 1781 نجح وات في ابتكار المسـننات المعروفة بمسـننات الشـمس والكواكب التي ساهمت في توفير حركة دورانية للآلات المتصلة بها.

تواريخ مفصلية

- **1690** ابتكار آلة بابن البدائية.
- **1698** ظهور آلة بخار سيفري التي تعمل بالضغط الجوي.
- **1712** اختراع آلة بخار نيوكومون التي تعمل بالضغط الجوي.
- **1765** ابتكار آلة وات ذات المكثف الخارجي.
- **1801** إنتاج آلة ترفثك التي تعمل بالبخار عالي الضغط.

الأعلام 1625-1774 ميلادي
KEY PEOPLES 1625 - 1774 A.D.

أسماء الأعلام المكتوبة **بالحروف الغامقة** *كتبت عنهم فقرات في هذا الجزء من المجلد أو في جزء الأعلام في مجلد آخر. أما المدونة أسماؤهم* ***بالأحرف الغامقة والمائلة*** فلهم مقالات خاصة ضمن المجموعة.

بويل، روبرت (1627 – 91)

روبرت بويل كيميائي وفيزيائي إيرلندي خلدته أبحاثه على الغازات. ولد في مدينة مونستر بإيرلندا لأب يحمل لقب إيرل مدينة كورك. التحق بكلية إيتون بإنجلترا عام 1635 ليستكمل دراسته بمدينة جنيف في سويسرا بعد ثلاثة أعوام من ذلك. بعد عودته إلى إنجلترا عام 1644 استقر في مقاطعته بمدينة دورست بإنجلترا ليبدأ دراسة «الفلسفة الطبيعية» أي العلوم الطبيعية. وبعد عشر سنوات أسس مختبراً بجامعة أكسفورد. بمعاونة العالم الموسوعي **روبرت هوك** (1635 – 1703). بدأ تجاربه على الغازات مستخدماً المضخة الخوائية التي صممها عام 1654 العالم الألماني أوتو فون غيورك (1602 – 86) .

استخدم بويل المضخة لزيادة ضغط الهواء في حاوية أو لسحب بعض الهواء منها لإنقاص الضغط. وكنتيجة لتجاربه أعلن عام 1662 قانون الغازات المعروف باسمه، قانون بويل. ينص القانون على أن ضغط الغاز في وعاء معزول يتناسب عكسياً مع الحجم الذي يشغله وذلك تحت درجة حرارة ثابتة. ويعرف القانون في فرنسا وبقية دول القارة الأوروبية بقانون ماريوت تخليدا للفيزيائي الفرنسي أدميه ماريوت (1620 – 84) الذي اكتشف القانون بشكل مستقل عام 1676 .

برندلي، جيمس (1716 – 72)

جيمس برندلي مهندس إنجليزي يعزى إليه إنشاء أولى القنوات المائية في بريطانيا. ولد في مدينة ثورنست بوسط إنجلترا ولم ينل أي تحصيل علمي رسمي. وعلى الرغم من أميته تدرب ليكون مهندساً بعد التحاقه بالعمل مساعداً لصانع طواحين هواء وذلك عام 1733. بعد فترة من الزمن أسس برندلي عمله الخاص في تصنيع المضخات للمناجم حيث صنع «مضخة مياه» لتجفيف مناجم الفحم عام 1752. كلفه دوق بريدجووتر عام 1759، الدوق فرانسيس إيجرتون، لبناء قناة تربط بين مناجم فحم الدوق في مدينة ورسلي ومدينة مانتشستر. شيد برندلي قناة متعرجة على مستوى واحد دون استخدام أي هويس، وانتهى العمل فيها عام 1761 لتعرف بقناة بريدجووتر. مضى برندلي في مسح وبناء قنوات رئيسية أخرى حيث قام مساعدوه بالعمل الفعلي بينما إنشغل هو بمتابعة تعاقداته العديدة والأشراف على العمل.

كاسيني، جيوفاني (1625 – 1712)

جيوفاني دومونيكو كاسيني عالم فلكي فرنسي إيطالي الأصل استندت شهرته على دراسته الكواكب وأقمارها. ولد في مدينة بيرينالدو بجمهورية جنوا وأصبح أستاذ علم الفلك بجامعة بولوغنا عام 1650. دعاه الملك الفرنسي لويس الرابع عشر عام 1669 ليدير المرصد الجديد في باريس ومُنح الجنسية الفرنسية عام 1673 .

جمع كاسيني عام 1668 نتائجه حول حركة أقمار المشتري الأربعة التي اكتشفها ***غاليليو*** (1564 – 1642) عام 1610، واستخدم الفلكي الدنماركي أوول روميير (1644 – 1710) هذه الجداول عام 1676 لحساب سرعة الضوء. ورصد كاسيني بداية من عام 1671 أقماراً أربعة أخرى لكوكب المشتري، كما لاحظ عام 1675 الفجوة التي تفصل حلقة زحل إلى جزءين، ومنذ ذلك الحين عرفت الفجوة بفجوة كاسيني. كما قام كاسيني بحساب المسافة بين الأرض وكوكب المريخ واستقرأ من هذه النتيجة بُعد الشمس عن الأرض (وحدة فلكية واحدة). قدر كاسيني المسافة بين الأرض والشمس بحوالي 87 مليون ميل (140 مليون كم)، وهو رقم يقل عن الرقم الحقيقي بحوالي 7 %، لكن النتيجة وفرت لأول مرة فكرة عن مدى حجم النظام الشمسي. وبعد وفاته حل إبنه جاك (1677 – 1756) محله في إدارة مرصد باريس ليعقبه بعد ذلك حفيده سيزار (1714 – 84) .

داربي، أبرهام (حوالي 1678 – 1717)

أبراهام داربي مستكشف حديد إنجليزي أحدث ثورة في وسائل إنتاج الحديد بتطوير عملية صهره باستخدام فحم الكوك. كانت أفران صهر الحديد تستخدم قبل ذلك الفحم النباتي وهو وقود مرتفع الثمن (كما كانت مصادره محدودة) بالإضافة إلى كونه مادة هشة لا تحتمل ثقل الكميات الكبيرة من خام الحديد. كما استخدم الفحم من قبل، لكن النسبة الكبيرة من الكبريت الموجودة فيه لا تسمح بإنتاج حديد عالي الجودة.

أسس داربي عام 1708 شركة بريستول للحديد ونقل عملياته إلى مدينة كولبروكديل على ضفاف نهر سفرن رفرز، حيث توجد كميات كبيرة خام الحديد والفحم لتصنيع فحم الكوك. نجح داربي عام 1709 بإنتاج حديد كامل النقاوة تقريباً يمكن استخدامه لصب الأواني والحاويات المختلفة وكذلك الصناعات الحديدية المستخدمة في تزيين الأبنية. وفي مرحلة لاحقة استخدم الحديد النقي المنتج لصب مراجل وأسطوانات الآلات البخارية التي شيدها **توماس نيوكومون** (1663 – 1729). وبدورها حلت الآلة البخارية محل الدولاب المائي الذي كان يستخدم لتوفير الطاقة للمناكير المنتجة للهواء أفران الصهر .

استمرت عائلة داربي في صناعة الحديد، إذ أنتج أبراهام داربي الإبن (1711 – 63) مراجل الغلي بطلب من **ريتشارد ترفثك** (1771 – 1833)، كما صب القضبان الحديدية لتسيير القطارات الجديدة. أما الحفيد، أبراهام داربي الثالث (1750 – 89) فقد صب أجزاء لأول جسر شيد من الحديد بالكامل. تم بناء الجسر على نهر سفرن رفرز بمدينة كولبروكديل عام 1779 واستمر قيد الاستخدام حتى عام 1934 عندما أغلق تمهيداً لميكنة حركة المرور. بقي الجسر مستخدماً كجسر للمشاة ومازال قائماً حتى اليوم.

ديكارت، رينيه (1596 – 1650)

رينيه ديكارت عالم رياضيات وفليسوف فرنسي ويعتبر أحد أعظم المفكرين على مر العصور. ولد ديكارت قرب مدينة تورز ودرس لمدة عشر سنين ابتداءاً من عام 1605 في الكلية اليسوعية. حصل عام 1616 على درجة الإجازة الجامعية في الحقوق من جامعة بوتيير وقضى عشرة سنوات بعد ذلك في الخدمة العسكرية وفي الارتحال عبر أوروبا، ليستقر عام 1628 في هولندا. عمل ديكارت مدرساً خاصاً للملكة كريستينا السويدية عام 1649، وخلال وجدوده هناك قام بتمريض السفير الفرنسي الذي أصيب بداء ذات الرئة، لكنه أصيب بالعدوى منه ومات على أثر ذلك.

في عام 1619 استخلص ديكارت طريقة لتحديد موقع نقطة ما على سطح مستوي باستخدام زوج من الإحداثيات التي تعبر عن بُعد النقطة عن خطين مستقيمين أو محورين (متعامدين بشكل عام). وتعرف الإحداثيات المكانية هذه الإحداثيات الديكارتية والتي أدت إلى اختراع ديكارت عام 1637 الإحداثيات الهندسية، وتسمى أحيانا بالهندسة التحليلية، التي يتم فيها التعبير عن الخطوط المستقيمة والمنحنيات بعلاقات جبرية.

وبعبارة أخرى يمكن تطبيق أساليب علم الجبر على علم الهندسة.
وفي مجال علم الفلك حاول ديكارت شرح حركة الكواكب بدلالة دوامات تلتف حول الشمس، وقد نقض العالم الإنجليزي *إسحق نيوتن* (1642 - 1727) هذه الأفكار في وقت لاحق.

بنجامين فرانكلن (1706 - 90)

انظر المقالة الخاصة في المجلد الرابع، الصفحات 40 - 41.

غاليليو غاليلي (1564 - 1642)

انظر المقالة الخاصة في المجلد الرابع، الصفحات 8 - 9.

كاسندي، بيير (1592 - 1655)

بيير كاسندي هو الفلكي وعالم الرياضيات الفرنسي الذي رصد لأول مرة عبور كوكب عطارد لقرص الشمس. ولد كاسندي في مدينة تشامبترسيه ومنح شهادة الدكتوراة في علوم اللاهوت من جامعة أفنغنون عام 1616 وعمد قسيساً بعد سنة وذلك قبل تقلده منصب أستاذ في الفلسفة بجامعة إيكس. عين عام 1645 أستاذا في الرياضيات بالكلية الملكية في باريس حيث التقى *غاليليو* (1564 - 1642) والفلكي الألماني **يوهانز كبلر** (1571 - 1630). تنبأ كبلر بعبور كوكب عطارد قرص الشمس وصدقت حساباته عام 1631، وأن بشكل باهت. أسقط كاسندي صورة الشمس من عينية مقرابه على شاشة، وذلك تفاديا للنظر المباشر إلى الشمس. بحث كاسندي أيضا ظاهرتي الخسوف والكسوف وظهور المذنبات وصك مصطلح «الشفق القطبي» للدلالة على الأضواء عند القطب الشمالي للكرة الأرضية.

غريغوري، جميس (1638-75)

جميس غريغوري عالم رياضيات إسكتلندي له إسهامات في علم الفلك وعلم الفيزياء أيضا. ولد غريغوري بمدينة درموك في الشمال الشرقي لإسكتلندا. تخرج من جامعة أبردين عام 1662 ليغادر بعدها إلى لندن. نشر عام 1663 وصفاً تفصيلاً لكيفية تصنيع المقراب العاكس (يعرف حاليا بالمقراب الغريغوري)، الذي استمد فكرته قبل سنتين من ذلك التاريخ. في هذا التصميم يتم عكس الضوء بواسطة المرآة الرئيسية للمقراب إلى مرآة ثانوية كروية صغيرة التي تقوم بدورها بعكس الشعاع من خلال ثقب صغير في مركز المرآة الرئيسية إلى العدسة العينية. لكنه من غير المحتمل وجود صناع مهرة في ذلك الوقت لتنفيذ التصميم.

كما استخدم غريغوري أيضاً ريش طائر كمحزوز حيود لإسقاط الطيف الشمسي على حائط حجرة معتمة.
عاش غريغوري بمدينة بادوا بإيطاليا من عام 1664 وحتى عام 1667 حيث نشر كتاباً في هندسة الدوائر والقطع الناقص. عين أستاذاً للرياضيات بجامعة سينت أندروز عام 1668 وأحتل المنصب نفسه بجامعة أدنبره بعد ست سنوات. استحدث غريغوري مصطلح «المتسلسلة اللامتناهيه» في علم الرياضيات وميز بين المتسلسلة المنتهية والمتسلسلة اللانهائية وكان الموضوع مجال دراسته في غالبية أبحاثه اللاحقة.

هيلي، أدموند (1656 - 1742)

إدموند هيلي فلكي إنجليزي اشتهر من خلال المذنب الذي يحمل اسمه. ولد في لندن ودرس بجامعة اكسفورد. وخلال سني تحصيله العلمي نشر عدداً من الأبحاث حول الكواكب عام 1676، كما سافر إلى سينت هيلينا في الجزء الجنوبي من المحيط الأطلسي بهدف إعداد تقويم فلكي لنجوم الجزء الجنوبي من الكرة الأرضية. عمل هيلي مع **جيوفاني كاسيني** (1625 - 1712) في مرصد باريس عام 1680 حيث حسب مدارات أكثر من 20 مذنباً. وبين من خلال حساباته أن المذنبات التي ظهرت في الأعوام 1531 و1607 و1682 ليست في الواقع إلا مذنباً واحداً واستنتج عودته للظهور عام 1758. وبعودة المذنب كما استنتج (في 25 من ديسمبر) أطلق عليه اسم مذنب هيلي.
علاوة على دراساته الفلكية، أسهم هيلي في علم الفيزياء مستخدماً قانون **بويل** لتحديد العلاقة بين الضغط الجوي والارتفاع عن مستوى البحر. عكف هيلي عام 1686 على دراسة الرياح الموسمية والرياح التجارية وكذلك التغير المغناطيسي للأرض (بسبب الحركة البطيئة للقطب الشمالي) كما كان عاملاً رئيسياً في مساعدة *إسحق نيوتن* (1642 - 1727) في نشر الأخير كتاب *المبادئ* عام 1687 - قام هيلي بالفعل بمراجعة المخطوطة الأولية للكتاب ومول طباعته. نشر هيلي عام 1693 جداول برسلاو للوفيات التي استخدمها خبراء التأمين لحساب أقساط العقود السناهية وعقود التأمين على الحياة. كما صمم هيلي جرساً مطوراً لاستخدام الغواصين وجهاز باروميتر عالي الدقة. وفي عام 1720 خلف هيلي جون فلامستيد (1646 - 1719) ليصبح ثاني فلكي للبلاط الملكي، وهو منصب ظل يشغله لمدة 21 عاما.

هارفي، وليام (1578 - 1657)

وليام هارفي طبيب إنجليزي اكتشف الدورة الدموية الكبرى. ولد هارفي لأب يعمل في الفلاحة في جنوب إنجلترا والتحق بمدارس مدينة كانتربري قبل دخوله جامعة كيمبردج ليتخرج بشهادة في الطب عام 1597. بعد عمله مع الطبيب الإيطالي جيرولامو فابريزو (1537 - 1619) لمدة خمس سنوات في مدينة بادوا بإيطاليا عاد هارفي إلى لندن ليفتتح عيادته الخاصة. تقلد هارفي منصب طبيب فوق العادة (كبير الأطباء) في بلاط الملك جميس الأول كما صاحب فيما بعد الملك تشارلز الأول في حملاته خلال فترة الحرب الأهلية. تقاعد هارفي عن العمل الحكومي عام 1646.
نشر هارفي اكتشافه الكبير عام 1628 حيث أعلن أن «الدم يسري في دورة» خلال الجسم. كان الاعتقاد السائد منذ عهد الطبيب اليوناني **غالن** (حوالي 129 - حوالي 200) أن الدم يتكون في الكبد ويسري من هناك إلى أجزاء الجسم المختلفة. وكان الافتراض أيضاً أن الأوردة والشرايين تحمل مواد مختلفة. لاحظ هارفي وجود صمامات في مسار الأوردة تسمح لسريان الدم باتجاه القلب (وليس بعيدا عنه). وعلى هذا الأساس تحجج هارفي بأن القلب يضخ الدم بعيداً عنه خلال الشرايين ليصل إلى جميع أجزاء الجسم ومن ثم يعود عبر الأوردة إلى القلب مرة أخرى. قام هارفي بفحص فكرته من خلال تشريح الحيوانات ليكتشف أن الدم يسري من الجزء الأيمن من القلب خلال الرئة قبل أن يعود إلى الجزء الأيسر منه لتوزيعه على أجزاء الجسم المختلفة. لكن هارفي لم يتمكن من تفسير آليه انتقال الدم من الشرايين إلى الأوردة، وهي مسألة ظلت عصية حتى اكتشاف الطبيب الإنجليزي هنري باور(1623 - 68) عام 1649 للشعيرات الدموية (أثبت عالم التشريح الإيطالي مارسيلو مالبيغي، 1628 - 94، وجود الشعيرات الدموية عام 1661).

هوك، روبرت (1635 - 1703)

روبرت هوك عالم إنجليزي قدم إسهامات رئيسية في علم الفلك والفيزياء والهندسة. ولد لأب من موظفي الكنيسة ونال تحصيله العلمي بكلية ويستمنستر بلندن وجامعة أكسفورد حيث ساعد **روبرت بويل** (1627 - 91) في إجراء تجاربه على الغازات. شملت اكتشافاته في علم الفلك اكتشاف البقعة الحمراء الكبرى لكوكب المشتري وقدم في العام نفسه (1664) فرضيته ببقاء الكواكب في أفلاكها بفعل قوة الجاذبية. كانت لدى *إسحق نيوتن* (1642 - 1727) الفكرة ذاتها في حوالي الوقت نفسه، مما مثل أحد مصادر النزاع بين العالمين. بقيت فرضية هوك دون التعبير عنها بصيغة رياضية - قانون التربيع العكسي لقوة الجاذبية- حتى عام 1678 حين قام هوك بعدها بسنة بكتابة رسالة إلى نيوتن وضع فيها الخطوط العامة لنظريته حول مسارات الكواكب. من جانب آخر لم ينشر نيوتن كتاب *المبادئ* حتى عام 1687، وبناءً على ذلك ادعى هوك اكتشاف قانون التربيع العكسي. علاوة على ذلك صنع هوك عام 1663 واحدا من أوائل المقاريب

العاكسة - وهو مجال آخر كان نيوتن نشطاً فيه أيضا - مقتفيا تصميم الفلكي الإسكتلندي **جميس غريغوري** (1638 - 75).

إضافة إلى ذلك بدأ هوك عام 1660 بدراسة الأجسام الطبيعية الحية مستخدما مجهراً مطوراً من صنعه. فحص هوك تحت مجهره الحيوانات المجهرية والخلايا النباتية، والتي عبر عنها «بالصناديق الصغيرة»، وصك مفردة الخلية دلالة لها. نشر هوك نتائج أبحاثه هذه عام 1665 في كتاب مصور أنيق عنونه *المصورات المجهرية*. دفعت دراسات هوك المجهرية إلى تحويل اهتمامه إلى دراسة طبيعة الضوء التي استخلص منها الطبيعة الموجية للضوء. ومرة أخرى اصطدمت أفكاره في هذا المجال مع آراء نيوتن الذي كان رائداً لفرضية الطبيعة الجسيمية للضوء (انتشار الضوء كجسيمات).

لكن إسهامه الرئيسي في علم الفيزياء كان أقل إثارة للنزاع مع نيوتن: القانون الذي يحمل اسمه. ينص قانون هوك الذي صاغه عام 1676 على تناسب الجهد والإجهاد عند سحب مادة مرنة. ويعرف الجهد بالقوة المسببة للاستطالة لوحدة المساحة، بينما يعرف الإجهاد بالتغير في أبعاد الجسم المطبق عليه الجهد. وبلغة العلم فإن أي جسم قابل للاستطالة هو جسم مرن. وقد تكون الاستطالة في بعض المواد واضحة للعيان، مثل اللدائن، أو غير واضحة، مثل غالبية المعادن. كما بيّن هوك أن غالبية المواد تتمدد بالحرارة.

طبق هوك ما توصل إليه من معلومات حول خصائص المادة بطرق مختلفة. فقد سبق له أن اخترع عام 1658 شعرية الزنبرك كجزء من آلية موازنة دولاب الساعة. فشعرية الزنبرك تهتز مع انقباضها وتمددها لتتحكم في معدل الطاقة (القدرة) المتحررة من الزنبرك الرئيسي للساعة. لكن، حتى هذا التطور كان محل نزاع بين هوك والعالم الهولندي **كريستيان هيوجنز** (1629 - 95) حول أسبقية الاختراع. اخترع هوك أيضا نظام المرساة للإفلات، الذي يوفر آلية تحكم لساعة البندول شبيهة بآلية شعرية الزنبرك في الساعات اليدوية. وفي عام 1667 تمثل إسهام هوك في العلوم باختراعه الأنيموميتر وهو جهاز لقياس سرعة الرياح. كما اخترع عام 1676 الوصلة العالمية أو الجامعة، وهو جهاز يربط محوراً دوارا بآخر يدور بزاوية مختلفة عن زاوية دوران المحور الأول. وبذلك تخلص المهندسون من الحاجة إلى إبقاء اتجاه مصدر الطاقة، في المحركات مثلاً، على خط محور الجهاز نفسه. وتبقى الوصلة العالمية حتى يومنا هذا جزءاً مهماً في إدارة كل سيارة وشاحنة على الطرق.

هيوجنز، كريستيان (1629 - 95)

يعتبر كريستيان هيوجنز ثاني أكبر المساهمين، بعد *إسحق نيوتن* (1642 - 1727)، في تطور المعرفة الإنسانية. شملت إسهامات هيوجنز اكتشافات رئيسية في علم الفلك والرياضيات والفيزياء. ولد هيوجنز في هولندا لأب شاعر بروستتانتي مشهور ودرس بجامعة لايدن (ليدن حاليا) وفي بريدا. انتقل بعد تخرجه إلى باريس ليصبح أحد الآباء المؤسسين لأكاديمية العلوم هناك وبقي من عام 1666 حتى عام 1681، حين أضطر للعودة إلى هولندا هرباً من التعصب الديني ضد البروتستانت. تمكن هيوجنز عام 1655 من رصد حلقات كوكب زحل كما اكتشف أكبر أقماره، تيتان، مستخدماً مقراباً انكسارياً مصنع محليا. وبعد سنة من ذلك وضع موضع التنفيذ فكرة *غاليليو* (1564-142) مصمماً ساعة بندول، التي نفذها في آخر المطاف صانع الساعات الهولندي سالمون كوستر عام 1657. استعرض هيوجنز تصميم الساعة مع تفصيل لنظرية حركة البندول وأفكار أخرى في كتاب *ساعة البندول* الذي نشر عام 1673.

في دراسته للضوء اتخذ هيوجنز نظرة امتلاء الفضاء بمادة غير مرئية «الأثير» ينتشر الضوء خلالها من مصدره فيما يشبه انتشار الاضطرابات الموجية على سطح بحيرة. وتتصرف كل نقطة على صفحة الموجه (الاضطراب) كمصدر ثانوي للموجات. وتمكن هيوجنز من تفسير ظاهرتي الانعكاس والإنكسار الضوئيين بنجاح مستعيناً بنظريته هذه. كما استنتج هيوجنز باستخدام النظرية الموجية للضوء تباطؤ سرعته في الأوساط الأعلى كثافة مقارنة بالأوساط الأقل كثافة، وهي مسألة استعصى على نظرية نيوتن الجسيمية استنباطها. وفي نهاية المطاف كسبت النظرية الموجية للضوء، لكن ذلك لم يحدث بشكل كامل إلى أن تزعم الأخذ بها العالم الإنجليزي توماس يونغ (1773 - 1829). لكن مادة الأثير المراوغة ثبت عدم وجودها.

كبلر، يوهانز (1571 - 1630)

يوهانز كبلر فلكي ألماني اشتهر لتوصله إلى قوانينه الثلاثة حول حركة الأجرام السماوية. ولد كبلر وعُمد باسم يوهان فون كابل قرب مدينة شتوتغارت جنوبي غرب ألمانيا لأب يعمل جندياً مرتزقاً توفي بعد ولادته بخمس سنوات. تخرج كبلر بدرجة بكالريوس في العلوم اللاهوتية من جامعة توبنجن عام 1591. عين كبلر بعد ثلاث سنوات من تخرجه أستاذاً للرياضيات في المدرسة اللوثرية بمدينة غراز ونشر خلال هذه الفترة تقويماً سنوياً يحتوي تنبؤات فلكية. رحل كبلر عام 1600 إلى مدينة براغ ليلتحق بالفلكي الدنماركي تاكو براهي (1546 - 1601). وبوفاة براهي تقلد كبلر منصب عالم الرياضيات الإمبراطوري للإمبراطور الروماني المقدس رودولف الثاني. رصد كبلر عام 1604 مستعراً (نجمة كبلر) في كوكبة الحواء. خلال متابعته ورصده لكوكب المريخ استخلص أن الكواكب لا تدور حول الشمس في مسارات دائرية تامة، بل في مدارات أهليجية تقع الشمس في إحدى بؤرتيها (القانون الأول لكبلر)، كما توصل إلى أن الخط الواصل بين المركز (الشمس) والكوكب يمسح مساحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية (القانون الثاني لكبلر). أما القانون الثالث لكبلر (1619) فيربط بين الزمن الدوري للكوكب مع متوسط بعده عن الشمس. نشر كبلر عام 1627 الجداول الرودلفية محتوية جداول حول حركة الكواكب وقائمة من 1,005 نجوم مستنداً في ذلك إلى البيانات الرصدية التي جمعها تاكو براهي. بقيت هذه الجداول قيد استخدام الفلكيين حتى القرن الثامن عشر.

لافوازيه، أنتوني (1743 - 94)

أنتوني لورنت لافوازيه عالم فرنسي يعتبر مؤسس علم الكيمياء الحديثة. ولد في باريس لأبوين ثريين وحصل على تعليمه بكلية مازارن. تأهل محامياً عام 1764 ونال تحصيله في العلوم بالدراسة في أوقات فراغه. ساهم لسنوات ثلاث في وضع خارطة جيولوجية لفرنسا وانتخب عام 1768 عضواً في الأكاديمية الملكية للعلوم. وفي السنة نفسها أصبح عضواً في مكتب حقل الضرائب (مؤسسة خاصة انيط بها جمع الضرائب الحكومية)، ليترقى سلم المؤسسة الوظيفي ويحتل مركز المزارع العام (المدير العام للمؤسسة). تم اعتقال لافوزيه مع 27 فرداً من المزارعين الضريبيين خلال الثورة الفرنسية في الحقبة المعروفة بعصر الرعب (1793 - 94) بتهمه إهانة الثورة. وفي مايو عام 1794 حوكم الـ 28 مزارعاً ضريبياً وأدينوا جميعاً بالتهمة الموجهة إليهم ليعدموا بالمقصلة ويدفنوا في مقابر مجهولة. تركزت التجارب الأولى للافوزيه في الكيمياء حول ظاهرة الاحتراق. ففي عام 1722 قام بحرق كمية من الألماس لإنتاج «الغاز الثابت» (ثاني أكسيد الكربون)، وبين أيضا زيادة وزن الفسفوروالكبريت عند حرقهما نتيجة اتحادهما مع الهواء. وأكد في هذا المضمار أن زيادة وزن المعادن المكلسنة (المحترقة بشدة) ترجع إلى السبب نفسه. أحاط الكيميائي الإنجليزي **جوزف بريستلي** (1733 - 1804) لافوزيه علما عام 1774 باستخلاصه «هواءً» جديدا عند تسخين أكاسيد الزئبق. ونظراً لأن الغاز الناتج كان يعزز الإحتراق بشدة، أعاد لافوازيه تجارب بريستلي وعزل الغاز الناتج مطلقاً عليه مسمى الأكسجين، وهو المكون المستهلك من الهواء في عملية الاحتراق. كان الاعتقاد السائد بين الكيميائيين قبل لافوازيه أن المواد تطلق مادة «الفلوجستين» عند احتراقها (وبذلك تفقد المادة بعض كتلتها خلال العملية). لكن لافوازيه بين أن المواد تتحد مع الأكسجين عند احتراقها وبذلك تكتسب بعض الكتلة. مثلت نتائج لافوزيه هذه المسمارالأخير في نعش نظرية الفلوجستين. في عام 1783 برهن لافوازيه أن الماء مركب من عنصري الهيدروجين والأكسجين (وليس عنصرا كما كان يعتقد)، لكن الجدير بالملاحظة أن العالم الإنجليزي **هنري كافندش** (1731 - 1810) توصل

إلى هذه النتيجة من قبل. نشر لافوازيه مع ثلاثة كيميائيين فرنسيين آخرين عام 1787 كتاباً احتوى الخطوط العامة لطريقة منهجية جديدة في تسمية العناصر والمركبات الكيميائية. وبعد سنتين من ذلك التاريخ نشر لافوازيه كتاباً تدريسياً في الكيمياء ضم قائمة بالعناصر الثلاثة والثلاثين المعروفة حينها، كما شرح فيه كيفية تطور الكيمياء كعلم.

شد انتباه لافوازيه التماثل بين عمليتي الاحتراق والتنفس مما دفعه إلى إجراء بعض التجارب على الحيوانات عام 1785 لدراسة عملية التنفس. أوضحت تجاربه أن من بين نواتج عملية التنفس غاز ثاني أكسيد الكربون والذي ينتج أيضا في عملية الاحتراق، كما أوضح أهمية الأكسجين للحياة. أنضم لافوازيه عام 1790 إلى اللجنة التي اقترحت تبني النظام الدولي للوحدات (المتري) في فرنسا.

ليوفنهوك، انتوني فان (1632 - 1723)

أنتوني فان ليوفنهوك هاو هولندي في مجال العلوم خلد اسمه كأول صانع للمجهر البسيط. ولد ليوفنهوك في مدينة دلفت جنوبي غرب هولندا لأب يعمل في صناعة السلال ولم يحصل إلا على قدر يسير من التعليم النظامي قبل أن يلتحق عام 1648عاملاً مساعداً في مصنع للنسيج. وبعد حوالي ست سنوات أسس ليوفنهوك تجارته الخاصة ليصبح عام 1660 موظفاً كبيراً في محاكم مدينة دلفت.

تميز ليوفنهوك بمهارة فائقة في تشذيب العدسات (لفحص الملابس) وفي حوالي عام 1670 استخدم عدساته لتصنيع مجهر بسيط بقوة تكبير تصل إلى 200 ضعف. صنع ليوفنهوك حوالي 250 مجهراً جميعها ذات عدسة واحدة صغيرة لكن بقوة تكبير كافية لرؤية الكائنات المجهرية الدقيقة («مضادات الجسيمات»)، بما في ذلك الكائنات وحيدة الخلاية (البروتوزوات) الموجودة في البرك المائية والبكتيريا التي استخلصها من طرطير أسنانه والحيوانات المنوية المستخلصة من السائل المنوي للكلاب والبشر. كما استخدم مجهره لدارسة حشرة القمل واليرقات والنمل والنحل وغيرها من حشرات، ليكتشف خلاياها الدموية وتركيبها العصبي وشعيراتها الدموية.

ليبنز، غوتفرايد (1646 - 1716)

غوتفرايد فلهلم ليبنز عالم رياضيات وفليسوف ألماني استحدث النظام الثنائي في الحساب. ولد في مدينة ليبزغ لأب لوثري يعمل أستاذاً لفلسفة الأخلاق، ونال تحصيله العلمي في الجامعات هناك وكذلك في مدينتي إينا والتدورف. بعد تخرجه عام 1666 التحق بالمجمع الانتخابي في مدينة مينز (يتكون المجمع الانتخابي من الأمراء الألمان الذين يحق لهم انتخاب الإمبراطور الروماني المقدس) وقضى ثلاث سنوات في باريس. قام ليبنز خلال تلك الفترة بزيارات عدة إلى باريس ولندن حيث التقى بالعالم **روبرت بويل** (1627 - 91) والعالم ***كريستيان هيوجنز*** (1629 - 95). وفي عام 1677 انتقل إلى مدينة هانوفر بألمانيا ليعمل في المجمع الانتخابي هناك ويستقر لحوالي 40 سنة هناك.

من بين إسهامات ليبنز العديدة في علم الرياضيات اكتشافه حسبان المتناهيات الذي نشر نتائجه عام 1684. وعلى الرغم من إدعاء *إسحق نيوتن* (1642 - 1727) أسبقيته في اكتشاف حسبان التفاضل والتكامل بيد أنه لم ينشر أبحاثه الكاملة حتى عام 1687. والواضح أن الرجلين توصلا بشكل مستقل عن بعضهما للنتيجة نفسها، لكن النزاع سبب منافسة مريرة بينهما. في عام 1679 استحدث ليبنز الترميز الثنائي للأعداد (الأعداد ذات الأساس 2) الذي يستخدم عددين فقط: العددان 1 و 0. ويعتبر النظام الثنائي للأعداد أساس عمل جميع الحاسبات الآلية، التي دخلت حيز التطبيق بعد ما يقارب 80 سنة من وفاة ليبنز.

لينوس، كارلوس (1707 - 78)

كارلوس لينوس عالم طبيعيات سويدي استحدث النظام الثنائي (نظام الاسمين) لتصنيف النباتات والحيوانات كما يعتبر الأب المؤسس لعلم السموم. ولد لأب قسيس في مدينة راشولت جنوب السويد وعمد باسم كارل فون ليني. درس الطب ومن ثم علم النبات في جامعتي لوند وأبسولا. انصب اهتمامه الرئيسي على علم النبات: قام خلال الفترة بين العامين 1732 إلى 1735 بالسفر خلال لابلاند ودول أوروبية أخرى مكتشفا 100 نوع جديد من النباتات. استقر لينوس في هولندا حيث مارس مهنه الطب. نشر عام 1735 كتابه *النظم الطبيعية*، محتوياً تصنيفاً للموجودات ضمن ممالك ثلاث: المملكة الحيوانية والمملكة النباتاتية والمعادن. صنف النباتات ضمن طبقات اعتماداً على خصائص أسدياتها (المترجم: السداة هي العضو الذكري في الزهرة وتتكون من المتك والخيط واللقاح) وقسم هذه الطبقات إلى طبقات فرعية بناء على عدد كربلة مدقاتها (المترجم: المدق عضو التأنيث في النبات).

استحدث لينوس عام 1749 نظامه الثنائي في التصنيف ونشره في كتاب *أنواع النباتات* عام 1753 معطياً كل نبات اسم جنس النبات باللاتينية متبوعاً بنوعه. على سبيل المثال يطلق على شجر خشب الزان الأمريكي *فاغوس غرانديفوليا* (الجنس فاغوس والنوع غرانديفوليا). ويعتمد النظام الحديث في التصنيف الثنائي على كتابة الاسم بالخط المائل مع استخدام الحرف الكبير للجنس فقط، أما مسميات المراتب والطبقات فتطبع بالخط العادي. بعودة لينوس إلى السويد عام 1738 امتهن الطب قبل أن يعين أستاذاً في الطب وعلم النبات بجامعة أبسولا عام 1741.

نيوكومون، توماس (1663 - 1729)

توماس نيوكومون مهندس انجليزي. بداية من العام 1705 عكف نيوكومون على اختراع آله بخارية تعمل تحت الضغط الجوي، والتي تعد تطويراً للآلة التي اخترعها **توماس سيفري** (حوالي 1650 - 1715) عام 1698، كما أنها مهدت الطريق لإنجازات **ريتشارد ترفثك** (1771 - 1833) ***وجميس وات*** (1736 - 1819)، والتي بدورها جعلت بزوغ الثورة الصناعية ممكنا.

كان نيوكومن في الأساس حداداً وصانع أدوات في مدينة دارتموث جنوبي غرب إنجلترا. وبتعاونه مع عامل أدوات صحية يُدعى جون كالي (أو كاولي) عكف على وضع تصميم آلة بخارية تحل محل المضخات المدارة بواسطة الجياد وذلك لسحب المياه من المناجم وتجفيفها. وبحلول عام 1712 توصل الرجلان إلى تشييد تصميم الآلة البخارية.

ضم التصميم الأساس لآلة نيوكومون أسطوانة عمودية مصنوعة من النحاس الأصفر معرضة للهواء الجوي من الأعلى، كما احتوى على مكبس أسفل الأسطوانة. بإدخال بخار تحت ضغط منخفض من الأسفل يرتفع المكبس ليؤدي إلى اهتزاز عارضة متقاطعة متصلة في نهايتها الأخرى بقضبان الضخ. وعند أعلى نقطة من الشوط يرش الماء البارد داخل الأسطوانة مما يؤدي إلى تكثف البخار وإنتاج فراغ (خواء) جزئي. ونتيجة لذلك تعمل قوة الضغط الجوي على دفع الأسطوانة إلى الأسفل وفي الوقت نفسه دفع قضبان الضخ إلى الأعلى. يتم تكرار الشوط دورياً باستخدام صمامات تدار بواسطة قضيب آخر ليسمح للبخار والماء البارد بالسقوط على الأسطوانة بحسب الحاجة. ولد تصميم نيوكومن قدرة تقارب 5 أحصنة ميكانيكية ونصف (4,100 وات). ونظرا لتشابه تصميم نيوكومون مع تصميم سيفري كون الرجلان شركة لتصنيع المضخات الجديدة. وبوفاة سيفري عام 1715 تحولت حقوق التصنيع إلى مؤسسة استغلت الاختراع مع إحلال أسطوانة من الحديد دل أسطوانة النحاس الأصفر. ظلت آلة نيوكومون قيد الاستخدام في المناجم ومواقع أخرى في بريطانيا حتى عام 1725.

إسحق نيوتن (1642 - 1727)

انظر المقالة الخاصة في المجلد الرابع، الصفحات 20 - 21.

بابن، دينس (1642 - 1712)

دينس بابن عالم رياضيات وفيزيائي فرنسي لكن شهرته تستند إلى اختراعه «المهضم البخاري» - أول قدر كاتم. ولد بابن في مدينة بلوي شمال فرنسا لأب طبيب. تلقى تعليمه بشكل رئيسي على يد والده قبل التحاقه بجامعة أنجرز لدراسة الطب. ارتحل عام 1673 إلى باريس ليعمل مساعداً للعالم الهولندي **كريستيان هيوجنز** (1629 - 95) في إجراء تجاربه على الغازات. وبعد سنتين رحل إلى لندن ليعمل بالوظيفة نفسها عند **روبرت بويل** (1627 - 91). صنع بابن قدره الكاتم عام 1680 واستقر في مدينة البندقية لثلاث سنوات حيث عمل كعارض تجارب علمية للأكاديمية العلمية هناك. انتقل بابن إلى لندن مرة أخرى عام

1684 ليعمل أميناً على قسم التجارب المخبرية في الجمعية الملكية البريطانية ليستقر في نهاية المطاف عام 1687 في مدينة ميربيرغ بألمانيا ويتقلد وظيفة أستاذ في الرياضيات بجامعتها. وضع بابن وصفاً لآلة بخارية بدائية عام 1690، كما اقترح بعض التعديلات على مضخة **توماس سيفري** (حوالي 1650 - 1715) عام 1690.

باسكال، بليز (1623 - 62)

بليز باسكال عالم رياضيات وفيزيائي وفيلسوف فرنسي. ولد باسكال في مدينة كليرمونت فيراند جنوبي فرنسا لأبٍ متخصص في الرياضيات أيضا وموظف في الحكومة. انتقل إلى باريس بعد وفاة أمه عام 1630 وتتلمذ على يد والده. عند بلوغ باسكال سن الحادية عشر استنتج بمفرده نظريات إقليدس الثلاثة عشرين الأولى، وبعد خمس سنوات نشر بحثاً في الرياضيات. كانت المقالة غاية في التطور بحيث رفض عالم الرياضيات الفرنسي **رينيه ديكارت** (1596 - 1650) تصديق صدورها من شخص يافع.

انتقل باسكال عام 1641 إلى مدينة رون حيث صنع هناك آلة حاسبة خشبية لمساعدة والده في عمله. وفي عام 1647 أعاد إجراء تجربة الفيزيائي الإيطالي **إيفانجلستا تورتشيللي** (1608 - 47) مستخدماً بارومتراً زئبقيا. وبقياسه الضغط الجوي على قمة جبل قبة بيودي، على ارتفاع 3.900 قدم (1200 م) أثبت تناقص الضغط الجوي مع الارتفاع عن سطح البحر. ولإثبات بعض آرائه في نظريات الاحتمالات يعتقد أنه اخترع عام 1648 نسخة بدائية لدولاب روليت.

أدى اهتمام باسكال بالغازات إلى دراسته الموائع واستخلص من دراساته هذه تساوي الضغط عند جميع النقاط على المستوى الواحد في السوائل (قانون باسكال)، وأن تطبيق ضغط عند نقطة ما في السائل يؤدي إلى انتشاره خلال السائل بأكمله. وتعمل المكابس والآلات الهيدروليكية الأخرى، بما في ذلك أبر الحقن، بناءً على هذا المبدأ. بحلول عام 1654 استولى التوجه الديني على باسكال مما دفعه إلى هجر الرياضيات والالتحاق بدير ينسيني (المترجم: الينسينية مذهب لاهوتي يقول بفقدان حرية الإدارة وبأن الخلاص عن طريق موت المسيح عليه السلام مقتصر على فئة قليلة من البشر) مركزا على الدراسات اللاهوتية. خُلد اسم باسكال في تطبيقين حديثين: وحدة الضغط في النظام الدولي للوحدات الذي يسمى الباسكال (يساوي نيوتن واحد لكل متر مربع)، ولغة برمجة متقدمة للحاسبات طورها عام 1960 المبرمج سويدي الأصل نيكولاس ورث (1934 -).

بريستلي، جوزف (1733 - 1804)

جوزف بريستلي كيميائي إنجليزي تستند شهرته إلى أبحاثه على الغازات بما في ذلك اكتشافه عنصر الأكسجين وغاز النشادر. ولد في مدينة ليدز لأبٍ يعمل في مجال النسيج. مع وفاة والدته وهو في سن السابعة رعته عمته الكالفينية (مذهب مسيحي ثوري). التحق عام 1752 بإحدى الأديرة ليؤهل كقسيس وأنهى دراسته عام 1755 ليعمد قسيساً في جنوب شرق إنجلترا ومن ثم في مدينة نانتوتش في الشمال الغربي للبلاد. بدأ حياته المهنية مدرساً للغات في أكاديمية ورنغتون عام 1761 وتزوج بعد سنة من ماري ويلكنسون، ابنة المهندس جون ويلكنسون (1728 - 1808).

في زيارة له إلى لندن التقى بريستلي بالعالم الأمريكي ***بنجامين فرانكلين*** (1706 - 90) الذي حفزه على الاهتمام بعلم الكهرباء. مع عودة بريستلي إلى ليدز استقر قرب مصنع للخمور وقام بإجراء التجارب على « الهواء الثابت» (ثاني أكسيد الكربون) الذي ينتجه المصنع بغزارة. أدت تجاربه إلى أنتاج ماء الصودا بكميات وفيرة الذي أصبح خلال فترة وجيزة من المشروبات الشعبية. خلال هذه الفترة كتب بريستلي عدداً من المطويات والكتيبات منتقداً فيها سياسة حكومته تجاه مستعمراتها في القارة الأمريكية.

انتقل عام 1780 إلى مدينة برمنجهام حيث التقى في الجمعية القمرية بعددٍ من العلماء والمهندسين (من بينهم ماثيو بولتون ***وجيمس وات*** وجوسايا وجوود وإيراسموس دارون). لكن أفكاره السياسية الثورية أغضبت السكان المحليين إلى درجة أدت إلى اقتحام بعضهم منزله عام 1791 وإشعال النيران في كتاباته وأدواته. وعلى إثر ذلك هرب بريستلي إلى لندن ليبقى فيها ثلاث سنوات وينتقل بعدها إلى الولايات المتحدة الأمريكية بشكل نهائي واستمر هناك في أبحاثه العلمية واللاهوتية في ولاية بنسلفانيا.

اتسمت مقاربة بريستلي في دراسته للغازات برفع درجة حرارة الأشياء (أو المزيج منها) وملاحظة ما يحدث خلال هذه العملية. عند بداية دراسات بريستلي كان الاعتقاد السائد بين الكيميائيين وجود ثلاثة أنواع من الغازات فقط: الهواء (لم يعرف حينها على أنه مركب من غازات عناصر أخرى) والهيدروجين وغاز ثاني أكسيد الكربون. أضاف بريستلي إلى قائمة الغازات هذه عشرة غازات أخرى بما في ذلك الأكسجين والنشادر وكلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين (غاز الضحك).

كان اكتشاف الأكسجين عام 1774 أكثر اكتشافاته شهرة. فباستخدام عدسة مكبرة سلط بريستلي ضوء الشمس على كمية من الزئبق الموضوع في وعاء مغلق لتسخينها بوجود الهواء فنتجت «طبقة» برتقالية اللون من أكسيد الزئبق. عند تسخين الأكسيد الناتج لاحظ بريستلي إنتاج غاز عديم اللون والرائحة يساعد على اشتعال فتيل شمعة بلمعان أكبر. الغاز الناتج هو غاز الأكسجين (أطلق **أنتوني لافوزيه** (1743 - 1794) هذا الاسم على الغاز في وقتٍ لاحق) والذي أطلق عليه بريستلي مسمى «الهواء المستهلك للفلوجستين». لكن بريستلي فشل في التعرف على الغاز باعتباره عنصراً كيميائياً، وبقي هذا الشرف للكيميائي السويدي **كارل تشيل** (1742 - 86) الذي نجح في عزل الغاز قبل بريستلي بسنتين دون نشر نتائجه حينها. والجدير بالذكر أيضاً أن بريستلي لم يتقبل مطلقاً أن لافوازيه نجح في نقض نظرية الفلوجستين.

سيفري، توماس (حوالي 1650 - 1715)

يعتقد أن توماس سيفري ولد في جنوبي غرب إنجلترا، رغم عدم معرفتنا الكثير عن الأربعين سنة الأولى من حياته. بدأ سيفري خلال أواسط التسعينيات من القرن السابع عشر الحصول على عدة براءات اختراع، بما في ذلك ابتكاره لجهاز لصقل الألواح الزجاجية. صمم عام 1697 سفينة بدولايب تدار برحى (يقوم الملاحون بتدوير الرحى يدويا)، كما سجل عام 1707 براءة اختراع مطحنة طفو من ميزاتها استمرار عمل دولابها المائي حتى عند وصول مستوى المياه مستوى الامتلاء. ابتكر سيفري آلته «لرفع المياه باستخدام النار» عام 1698. كانت الآلة مضخة تحتوي غرفة تملأ في البداية بالبخار ومن ثَم يتم تبريدها برش الماء البارد عليها. نتيجة لهذه العملية يتكون فراغ جزئي داخل الغرفة فيندفع الماء من البئر داخلها، ثم يدفع إلى خارجها عند دخول البخار مجدداً. لكن محاولته الحصول على براءة اختراع لآلته عام 1699 اصطدمت بتداخل تصميمه مع تصاميم محرك الضغط الجوي الذي ابتكره **توماس نيوكومون** (1663 - 1729). وبناءً على ذلك أضطر الرجلان إلى تأسيس شركة لإنتاج الآلات البخارية.

تشيل، كارل (1742 - 86)

كارل تشيل كيميائي سويدي نجح خلال فترته المهنية القصيرة في اكتشاف ستة عناصر كيميائية وكذلك العديد من المركبات الكيميائية. ولد تشيل لعائلة فقيرة في سترالسند (في ألمانيا حاليا). بعد إنهائه تعليمه الابتدائي التحق تشيل عام 1757 للعمل مساعدا عند صيدلي في مدينة غوتبرغ (غوثبرغ). انتقل تشيل عام 1770 إلى مدينة أبسلا ليلتقي هناك بالكيميائي السويدي توربين بيرغمان (1735 - 84) الذي شجعه بحماس كبير على متابعة

أعماله في الكيمياء. كان انتقاله الأخير إلى مدينة كوبنغ الصغيرة عام 1775 حيث آدار صيدلية هناك وليستقر فيها بقية حياته القصيرة.
تمثلت مقاربة تشيل في الكيمياء بإجراء التجارب بشكل عشوائي ودون تخطيط مسبق. اكتشف عام 1772 «هواء النار» (الأكسجين)، لكنه لم ينشر نتائجة حتى عام 1777، ولذلك يحظى **جوزف بريستلي** (1733 – 1804) بشرف هذا الاكتشاف عادة. اكتشف تشيل عام 1774 عنصر الباريوم والمنجنيز (عزل العنصر عالم التعدين السويدي يوهان غاهن، 1745 – 1818)، وعنصر المنجنيز في العام نفسه وكذلك الكلور، لكن تشيل لم يعتبر الكلور عنصراً في بداية الأمر. وخلال دراسته للزرنيخ عام 1775 تمكن تشيل من إعداد زرنخيد النحاس الذي استخدم في الأصباغ خلال فترة وجيزة تحت مسمى أخضر تشيل. كما لاحظ تشيل تأثير الضوء على أملاح الفضة بتعتيمها وهي ظاهرة لعبت دوراً هاماً في تطور التصوير الفوتوغرافي (الضوئي).
ارتفع رصيد اكتشافات تشيل للعناصر إلى ستة باكتشافه عنصري المولبدنوم (1778) والتنغستن (1781). كما كان تشيل الأول في إعداد حمض الهيدروسينيك (حمض بروسيك) شديد السمية وذلك عام 1782. شملت تجارب تشيل مجال الكيمياء العضوية أيضا. ففي عام 1770 اكتشف حمض الطرطير وحمض الميثين (حمض النمليك) عام 1774، وكذلك حمض البوليك عام 1776 وحمض الستريك والجلسرول عام 1783.

سميتون، جون (1724 – 92)

جون سميتون مهندس إنجليزي خلد ذكراه لتشييده الفنارات البحرية. ولد لأب يعمل في مجال المحاماة في مدينة ليدز ونال تحصيله العلمي في مدرسة النحو بليدز قبل أن يلتحق بمكتب أبيه. عند بلوغه سن الثامنة عشر توجه سميتون إلى لندن لدراسة القانون، لكنه بدلاً من ذلك التحق مساعداً لصانع آلات علمية (بموافقة والده) ليفتتح عام 1748 متجره الخاص. ومع شيوع سمعته كمهندس حاذق انتخب عام 1753 عضواً في الجمعية الملكية. وفي عام 1755 قضى بعض الوقت في هولندا عاكفاً على دراسة تجفيف الأراضي وبناء الموانئ البحرية.
مُنح سميتون عام 1756 عقد تشييد فنار على صخور إديستون التي تبعد مسافة 14 ميلاً (23 كم) عن الشواطئ الإنجليزية قرب مدينة بليموث. (جرفت الأمواج أول فنار شيده سميتون عام 1703، ودمرت النيران الفنار الثاني الذي صنعه من الخشب عام 1755). استخدم سميتون في بناء فناراته طوباً مصنوعاً من أحجار بورتلاند مربوطة مع بعضها البعض ومع أساسات البناء باستخدام اسمنت مائي (اخترعه بنفسه عام 1756)، والذي يوضع تحت الماء. (المترجم: أحجار بورتلاند أحجار اسمنتية مصنوعة بحرق حجر الكلس والصلصال معا في فرن). أنهى سميتون الفنار الجديد عام 1759 وبقي قيد الاستخدام لحوالي 120 سنة قبل استبداله بآخر. كما أن قناة فورث وكلايد في إسكتلندا من الإعمال الهندسية الرئيسية لسميتون. بدأ العمل في القناة عام 1768 ويحتوي على 39 هويساً ويبلغ طوله 38 ميلاً (61 كم). علاوة على ذلك كان سميتون رئيس مهندسي مشروع بناء ميناء رامزغيت عام 1774.
عكف سميتون عام 1767 على دراسة نماذج الآلات البخارية التي تعمل تحت الضغط الجوي بهدف تحسين كفاءتها فقام بخرط الأسطوانة بشكل أكثر دقة، على سبيل المثال،– ولهذا الغرض صمم مخرطة جديدة. وزادت كفاءة إحدى آلاته التي استخدمت في منجم للفحم في شمال إنجلترا عام 1772 بحوالي 27 % (بدلالة كمية الوقود المستهلك) عن الآلات البخارية السابقة. بيد أن التطور في هذا المجال قاده *جيمس وات* (1736 – 90) بعد زمن قصير من ذلك. بالإضافة إلى الانجازات السابقة شيد سميتون عدداً من طواحين الهواء والطواحين المائية بلغ عددها 44 طاحونة خلال الفترة من عام 1753 والعام 1790.

ستاهل، جورج (1660 – 1734)

جورج إيرنست ستاهل كيميائي وطبيب ألماني استحدث نظرية الفلوجستين في الاحتراق، وهي فكرة خاطئة وتعتبر واحدة من النظريات العلمية العقيمة. ولد ستاهل في مدينة أنسباخ في وسط ألمانيا (بروسيا) لأب قس في الكنيسة البروتستانتية ودرس الطب بجامعة إيينا. تخرج عام 1684 وعين طبيباً في بلاط دوق ساشن– فايمار عام 1687، وبعد سبع سنوات انتقل للتدريس في جامعة هيل حديثة الإنشاء. في عام 1716عين طبيباً خاصاً في بلاط ملك بروسيا فيردريك– وليام الأول.
طور ستاهل نظرية الفلوجستين اعتماداً على الأفكار التي طرحها مواطنه يوهان بكر (1635 – 82) عام 1669. افترض ستاهل أن احتراق مادة ما يفقدها «جوهراً حيوياً»، وهو عنصر قابل للحرق أطلق عليه مسمى فلوجستين. على سبيل المثال تفقد المعادن الفلوجستين لتكون الكلسات (الأكاسيد)، لكن الأكاسيد تكتسب الفلوجستين عند حرقها بالفحم النباتي لتعود المعادن إلى أصلها. واستنتج أن الفحم النباتي غني بالفلوجستين نظراً لعدم إنتاج كلسات له عند الحرق. كما أن الهواء، اللازم لعملية الاحتراق، يمتص الفلوجستين المنتج. سيطرت نظرية الفلوجستين على علم الكيمياء حتى القرن الثامن عشر عندما نقضها تجريبيا بشكل نهائي **أنتوني لافوازيه** (1743 – 94).

تورتشيللي، إيفانجلستا (1608 - 47)

إيفانجلستا تورتشيللي فيزيائي وعالم رياضيات إيطالي اخترع الباروميتر الزئبقي، وبذلك برهن بشكل قاطع على وجود الضغط الجوي. ولد تورتشيللي بشمال إيطاليا ويعتقد انه أصبح يتيم الأبوين في سن مبكرة، لكنه بحلول عام 1627 بدأ تحصيله العلمي بكلية سابينزا في روما. مثلث أعمال *غاليليو* (1564 – 1642) مصدر إلهام له ولذلك انتقل عام 1641 إلى فلورنسا ليعمل مع العالم الإيطالي العظيم. وبوفاة غاليلو بعد عام من ذلك احتل تورتشيللي منصب الأستاذية في الرياضيات بجامعة فلورنسا واستقر هناك حتى وفاته.
اعترضت تورتشيللي معضلة عدم تمكن المضخة المنصوبة على بئر دوقية التوسكون (المترجم: دوقية في وسط إيطاليا، والدوقية مقاطعة يمتلكها الدوق) من رفع الماء لأكثر من 29.5 قدماً (9 أمتار). وهداه انشغاله بهذه المسألة إلى استنتاج أن للهواء الجوي وزناً ويجب أن يكون مساوياً لوزن عمود من الماء بطول 29 قدماً ونصف (9 أمتار). ومضى على أساس هذا المنطق بالقول بأن الهواء الضاغط على سطح الماء في البئر تكفي قوته لرفع الماء إلى الأعلى. ولاختبار آرائه اختار سائلاً أعلى كثافة من الماء بكثير– الزئبق. تمثلت التجربة، والتي يحتمل قيام تلميذه فنسنزو فيفياني (1622 – 1703) بها، بملء أنبوب زجاجي بالزئبق ومن ثم قلبها في وعاء مملوء بالزئبق أيضا. بإجراء التجربة لاحظ تورتشيللي انخفاض مستوى الزئبق في الأنبوب إلى 30 بوصة (76سم) دوماً وبقي الأنبوب كما يبدو متزناً تحت تأثير قوة غير مرئية. منطق تورتشيللي الأمر بوجود «قوة» ضغط جوي تؤثر إلى الأسفل على سطح الزئبق في الوعاء. أما المسافة أعلى الزئبق في الأنبوب فهو فراغ – فراغ تورتشيللي.
لاحظ تورتشيللي أيضا اختلاف ارتفاع عمود الزئبق من يوم لآخر تبعا للتغير في الضغط الجوي. ومن هذا المنظور اعتبر ارتفاع عمود الزئبق مقياسا للضغط الجوي – الباروميتر الذي عُرف في البداية بأنبوب تورتشيللي. مضى تورتشيللي للتدليل على تغير الضغط الجوي مع الارتفاع عن سطح البحر، وبذلك استخلص إمكانية استخدام باروميتر معير بشكل مناسب كمقياس للارتفاع عن سطح البحر، أي ألتيميتر.
من إسهامات تورتشيللي الأخرى تشييده مرقاباً ومجهراً بسيطاً بالإضافة إلى إسهاماته في الرياضيات بدراسة أشكال القطع الناقص. خلد تورتشيللي بإطلاق اسمه على وحدة الضغط المعروفة التور: يساوي التور الواحد 0.04 بوصة (ميليمتر واحد) من عمود الزئبق.

معجم المصطلحات

GLOSSARY

اختصارات

ولد: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ ولادته).

حوالي: (السنة التي ولد أو توفي فيها الشخص تقديرياً).

توفي: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ وفاته).

تاريخ بين حاضنتين يتبعه خط ( ): مثلاً بل غيتس 1955 – ، يعني أن الشخص مازال حياً عند كتابة هذا المؤلف.

اشتهر: (لشخص لا يعرف تاريخ ولادته أو وفاته)

أحافير Fossils بقايا حيوانات ونباتات فترة ما قبل التاريخ المحفوظة في المواد الطبيعية مثل الصخور الرسوبية والطين والعنبر والفحم.

أساس 10 Base 10 أنظر عدد الأساس

إلكترون Electron جسيم تحت ذري سالب الشحنة.

إنصهار نووي Nuclear Fusion عملية دمج نواتين أو أكثر من نوى العناصر لتنتج عنصراً أثقل.

بارومتر Barometer أداة لقياس الضغط الجوي.

بروتون Proton جسيم تحت ذري موجب الشحنة يوجد في أنوية الذرات.

بوصلة Compass أداة ملاحية تتكون من إبرة مغناطيسية حرة الحركة يمكن لها الدوران حول نقطة تثبيتها وبذلك تشير دائماً إلى اتجاة القطب المغناطيسي الشمالي.

جاذبية Gravity إحدى القوى الطبيعية الأساسية وتظهر بتجاذب الكتل في الكون بأسره مع بعضها. تدور كواكب المجموعة الشمسية في أفلاكها نتيجة لقوة جاذبية الشمس لها، كما أن سبب بقاء مادة النجوم مترابطة يعود أيضاً إلى قوة الجاذبية.

جبر (علم) Algebra فرع من فروع علم الرياضيات يعنى بدراسة الخصائص الرياضية ويرمز فيه للكميات المجهولة بأحرف.

جزيء Molecule اتحاد ذرتين على الأقل لتكوين أصغر وحدة من عنصرٍ أو مركب كيميائي.

جسيم تحت ذري Subatomic Particle أي جسيم أصغر من الذرة المفردة.

جيولوجيا Geology مجموعة العلوم التي تُعنى بدراسة الأرض بما في ذلك تركيبها وتاريخها طويل الأمد ومكوناتها وأصلها.

حيود Diffraction انتشار الموجات (الضوء مثلاً) عند عبورها ثقبا صغير أو عند انعكاسها من على سطح شبكة رقيقة.

خط الزوال الرئيسي Prime Meridian الخط المرجعي لقياس خطوط الطول للمواقع على الأرض ويمر خلال غرينتش بإنجلترا. (المترجم: التعريف الأدق، دائرة على سطح جرم ما تختار لتمثل الخط المرجعي لقياس خطوط الطول للمواقع على سطح الجرم. وخط الزوال الرئيسي للأرض هو خط غرينتش)

خط العرض Latitude المسافة بين نقطتين على سطح الكرة الأرضية شمال وجنوب خط الاستواء، وتقاس بدرجات الزوايا.

خطوط الطول Longitude المسافة بين نقطتين على سطح الكرة الأرضية شرق وغرب خط الزوال الرئيسي، وتقاس بدرجات الزوايا.

ذرة Atom أصغر جزء يمكن تجزءة المادة إليه مع احتفاظه بهويته الكيميائية.

سحابة أوورت Oort Cloud منطقة كروية يعتقد بأنها تحيط بالنظام الشمسي تتواجد فيها المذنبات بأعدادٍ هائلة.

سديم Nebula سحابة من الغبار والغازات في الفضاء والتي يمكن للناظر من الأرض رؤيتها لأنها تبث الإشعاع أو تعكس إشعاع النجوم الساقط عليها أو تمتصه.

شبكية العين Retina غشاء حساس للضوء يبطن السطح الداخلي للعين مهمته الاحساس بالضوء ونقل النبضات العصبية عبر الألياف البصرية إلى المخ.

شمال مغناطيسي Magnetic North الاتجاه الذي تأخذه إبرة مغناطيسية حرة الحركة. لا ينطبق اتجاه المجال المغناطيسي على اتجاه الشمال الجغرافي، ويتغير بشكلٍ بسيط على مدى السنين

شمس Sun أي جرم سماوي يشبة شمس مجموعتنا الشمسية.

شمس (ال) Sun, the النجم الواقع في مركز المجموعة الشمسية وتدور الأرض والكواكب الأخرى في أفلاكها حولها.

صخور رسوبية Sedimentary Rock صخور تتكون من مواد عضوية أو الأملاح المعدنية تطمر على شكل طبقاتٍ بواسطة الجليد أو المياه أو الرياحِ.

ضوء Light شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي في النطاق الطيفي الذي تتحسه عين الإنسان. يمتلك الضوء خاصيتي الجسيمات والموجات، ويسمى جسيم (أو كم) الضوء الأساسي الفوتون.

عدد الأساس Base Number في نظم كتابة الأعداد ذات القيمة الموضعية يمثل عدد الأساس وحدة النظام بحيث تتغير القيمة إلى الدرجة الأعلى عند تغير موضع هذه الوحدة. عدد الأساس في النظام العشري المستخدم اليوم، مثلاً، هو العدد 10، وبذلك فإن العدد 87 يتكون من عشر «ثمانيات» مضافاً إليها سبع وحدات. استخدم البابليون العدد 60 أساساً لنظامهم.

عدسة Lens قطعة زجاجية أو بلاستيكية مصقولة على شكل يؤدي إلى تعديل أو «انحراف» شعاع الضوء المار خلالها. للعدسة المقعرة (المفرقة للضوء) سطح مجوف يشبه السطح الداخلي للعقة أما العدسة المحدبة (الجامعة للضوء) فهي مكورة الشكل مثل السطح الخارجي للملعقة.

غاز Gas حالة من حالات المادة تتحرك فيها الجزيئات بعشوائة أكبر.

فراغ (خلاء) Vacuum حيز من الفضاء لا يحتوي أية ذرة أو جزيء.

فلك (علم) Astronomy دراسة الأجرام خارج الغلاف الجوي للأرض.

قمر Moon التابع الطبيعي لأي من الكواكب.

قمر (ال) Moon, the التابع الطبيعي الوحيد للأرض.

كتلة Mass كمية المادة التي يحتويها جسمٌ ما، أو مقياس لمدى مقاومة الجسم للتعجيل عند تطبيق قوة عليه.

كهرومغناطيسية (كهرطيسية) Electromagnetism ظاهرة نشوء المجال المغناطيسي نتيجة مرور التيار الكهربائي (إلكترونات) في سلك. (المترجم: التعريف الأصح هو، انتشار الموجات الكهرومغناطيسية بسبب تغيرات الفيضين المغناطيسي والكهربائي)

كون Universe مجموع الزمان والمكان (الزمكان) وما يحتويه.

كويكب Asteroid الأجرام الصخرية السماوية التي تدور حول الشمس وتعد بالآلاف. تقع غالبيتها بين مداري المريخ والمشتري.

لوغاريتمات Logrithms الأس الذي ترفع به قاعدة عدد ما بحيث يساوي الناتج لوغاريتم العدد. مثالاً على ذلك فإن لوغاريتم العام قاعدته العدد 10، وبالتالي فإن log العدد 2 يساوي 0.3010 ($2 = 10^{0.3010}$)

مادة Matter الأشياء المادية التي تشغل حيزا ولها كتلة.

مجرة Galaxy تجمع كبير يحتوي عدداً كبيراً من النجوم والسدم والغازات تشكل نظاماً بفعل قوة الجاذبية.

مدار Orbit المسار الذي يتبعه جسم سماوي (أو تابع صنعي) تحت تأثير قوة الجاذبية.

مذنب Comet جرم سماوي جليدي صغير يدور حول الشمس. بعض المذنبات ذات أزمانٍ دورية قصيرة، مثل مذنب هالي، ويكون المدار إهليجياً بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى عودته ضمن النظام الشمسي كل 100 عام تقريبا. أما المذنبات ذات الأزمان الدورية الطويلة فيعتقد أنها انفصلت في الأساس من سحابة أوورت. يتأثر المدار لبعضها بالمجال الجذبي للكواكب العملاقة، مما يجعلها تسبح في أعماق مابين النجوم.

مغناطيسية Magnetism الظاهرات المتعلقة بالمجال المغناطيسي الذي ينشأ عن حركة الشحنات الكهربائية (التيار).

مقراب Telescope أداة بصرية تكون صوراً مكبرة للأجسام البعيدة (أنظر مقراب عاكس ومقراب كاسر).

مقراب عاكس Reflecting Telescope مقراب يستخدم المرايا (وليس العدسات) لتكوين الصور.

مقراب كاسر Refracting Telescope مقراب يستخدم العدسات (وليس المرايا) لتكوين الصور.

مقياس الزمن Chronometer ساعة ميكانيكية دقيقة كانت تستخدم في تحديد مواقع السفن (خطوط العرض) في البحر.

منشور (موشور) Prism قطعة ثلاثية السطوح من مادة شفافة يمكنها تفريق الضوء الأبيض المار عبرها إلى ألوانه الأساسية (ألوان قوس قزح).

موصل البرق Lightning Conductor قضيب معدني يوضع أعلى البنايات المرتفعة لحمايتها من الصواعق وذلك بجذب ضربات الرعد وتوصيل الشحنات إلى الأرض.

نجم Star جرم سماوي مضيئ بذاته نتيجة إطلاقه الطاقة من لبه حيث تتم التفاعلات النووية الاندماجية (الانصهارية).

نجم ثنائي Star, Binary نظام نجمي يتكون من نجمين يدوران حول بعضهما في مدار مركزه مركز كتلتهما. يبقى النظام مستقراً بسبب قوة الجاذبية بين النجمين.

نجم متغير (قيفاوي) Star, Variable نجم تتغير شدة إضاءته (سطوعه أو قدره).

نظام شمسي Solar System كل الأجرام السماوية الواقعة تحت هيمنة المجال الجنبي للشمس. ويتكون من الشمس وكواكبها التسعة بالإضافة إلى أقمار هذه الكواكب وأجرام صغيرة أخرى من مثل الكويكبات والمذنبات.

نواة (الذرة) Nucleus, Atomic الجزء المركزي موجب الشحنة ذو الكثافة العالية من الذرة.

نيوترون Neutron أحدى ثلاثة جسيمات تحت ذرية رئيسية. النيوترون متعادل كهربائياً ويوجد في أنوية جميع العناصر باستثناء الهيدروجين (العادي).

هندسة Geometry فرع في الرياضيات يعنى بدراسة خصائص الأشكال.

Set Index

المسرد

A **bold** number shows the volume and is followed by the relevant page numbers (e.g., 1:11, 36). Page numbers underlined (e.g. 7:24-5) indicate the main entries for that topic. Italic page numbers (e.g., *2:21*) refer to illustrations and their captions. Page numbers followed by an asterisk (e.g. 3:50*) refer to entries listed in the Key People pages.

C

D

L

K

J

I

S

T

Further Reading

قراءات إضافية

عامـة

General

Allaby, M., and D. Gjersten, *Makers of Science*, Oxford University Press, 2002.

Asimov, A., *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Avon Books, 1972.

Boorstin, D. J., *The Discoverers*, Random House, 1983

Boyles, D., *The Tyranny of Numbers*, HarperCollins, 2000.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Science*, Simon and Schuster, 1988.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Technology*, Simon and Schuster, 1993.

Carey, J. (ed.), *The Faber Book of Science*, Faber and Faber, 1995.

Crystal, D. (ed.), *The Cambridge Biographical Dictionary*, Cambridge University Press, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Scientists*, Oxford University Press, 1999.

Day, L., and I. McNeil (eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, Routledge, 1998.

Diamond, J., *Guns, Germs and Steel*, Vintage, 1998.

The Dictionary of National Biography, Oxford University Press, 1982.

Dyson, J., and R. Uhlig (ed.), *A History of Great Inventions*, Robinson, 2002.

le Fanu, J., *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Little, Brown and Company, 1999.

Giscard d'Estaing, V A., *The Book of Inventions and Discoveries*, Macdonald Queen Anne Press, 1990.

Gribbin, J., *Science, A History*, BCA, 2002.

Harrison, I., *The Book of Inventions*, Cassell, 2004.

Hoskin, M. (ed.), *The Cambridge Concise History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1999.

The Hutchinson Dictionary of Scientific Biography, Helicon, 2000.

The Inventions that Changed the World, Reader's Digest, 1982.

McLeish, J., *Number*, Bloomsbury, 1991.

Margotta, R., *The History of Medicine*, Octopus, 1996.

Meadows, J., *The Great Scientists*, Oxford University Press, 1997.

Messadié, G., *Great Inventions through History*, Chambers, 1991.

Millar, D., et al., *The Cambridge Dictionary of Scientists*, Cambridge University Press, 1996.

Muir, H. (ed.), *Larousse Dictionary of Scientists*, Larousse, 1994.

Parry, M. (ed.), *Chambers Biographical Dictionary*, Chambers, 1997.

Philip's Astronomy Encyclopedia, George Philip Limited, 2002.

Philip's Science & Technology Encyclopedia, George Philip Limited, 1998.

Philip's Science & Technology People, Dates & Events, George Philip Limited, 1999.

Porter, R., *The Greatest Benefit to Mankind*, Harper Collins, 1997.

Silver, B. L., *The Ascent of Science*, Oxford University Press, 1998.

Tallack, P (ed.), *The Science Book*, Cassell, 2001.

Trefil, J., *Cassell's Laws of Nature*, Cassell, 2002.

Waller, J., *Fabulous Science*, Oxford University Press, 2002.

Webster's Biographical Dictionary, G. & C. Merriam, 1971.

What Happened When?, HarperCollins, 1994.

Whitfield, P., *Landmarks in Western Science*, The British Library, 1999.

Williams, T. I. (ed), *A Biographical Dictionary of Scientists*, Adam & Charles Black, 1974.

Williams, T. I., *A History of Invention*, Time Warner Books, 2003.

خاصة بهذا المجلد

Specific to this Volume

Brockman, J. (ed.), *The Greatest Inventions of the Past 2,000 Years*, Weidenfeld & Nicolson, 2000.

Clegg, B., *The First Scientist*, Constable, 2003.

Fagan, B. M. (ed.), *The Seventy Great Inventions of the Ancient World*, Thames & Hudson, 2004.

Hill, D., *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Routledge, 1998.

James, P., and N. Thorpe, *Ancient Inventions*, Michael O'Mara Books, 1999.

Kelly, J., *Gunpowder*, Basic Books, 2004.

Landels, J G., *Engineering in the Ancient World*, Constable, 2000.

Martin, S , *Alchemy and Alchemists*, Pocket Essentials, 2001.

Peterson, H. L., *The Book of the Gun*, Paul Hamlyn, 1962.

Thompson, L., *Guns in Colour*, Octopus, 1981.

White, M., *Leonardo: The First Scientist*, Little, Brown and Company, 2000.

Wilkinson, P, *What the Romans Did for Us*, Boxtree, 2000.

مراجع للمصطلحات

Terminology Reference

Clark, J. O. E., and S. Stiegler (eds.), *The Facts on File Dictionary of Earth Science*, Checkmark Books, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Chemistry*, Oxford University Press, 2000.

Daintith J., and J. Clark (eds.), *The Facts on File Dictionary of Mathematics*, Facts on File, 1999.

Darton, M., and J. Clark, *The Macmillan Dictionary of Measurement*, Macmillan, 1994.

Illingworth, V. (ed.), *Collins Dictionary of Astronomy*, HarperCollins, 1994.

Waites, G., *The Cassell Dictionary of Biology*, Cassell, 1999.

Useful Web Sites

مواقع مفيدة على الويب (الشبكة العنكبوتية)

http://www.atomicmuseum.com/
Web site of the National Atomic Museum (soon to be renamed the National Museum of Nuclear Science and History), Albuquerque, New Mexico.

http://www.howstuffworks.com
A comprehensive Web site that gives detailed explanations of how everything around us actually works.

http://www.mhs.ox.ac.uk/
Web site of Oxford University's Museum of the History of Science.

/http://www.nasa.gov
Official Web site of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) with links to learning resources and information for students, and full details of all missions.

http://www.nasm.si.edu/
Web site of the Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, D.C.

http://www.nscdiscovery.org/
Web site of the National Science Center, Augusta, Georgia.

http://nobelprize.org/
Official Web site of the internatonal Nobel Prize awards given annually since 1901 for achievements in physics, chemistry, medicine, literature, and for peace. Click on "list of all prizewinners" and then on individual links to read about award winning achievements.

http://www.psigate.ac.uk/
Physical Sciences Information Gateway provides access to Web resources in the physical sciences, including astronomy, chemistry, earth sciences, materials sciences, physics, and general science.

http://whyfiles.org/
University of Wisconsin Web site that explains the science behind the news.

عزيزي القارئ للحصول على نسخة من أي كتاب من قائمة الكتب

يرجى مراسلة المؤسسة على العنوان التالي:

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - برنامج نشر المعرفة العلمية والتكنولوجية

ص.ب 25263 - الصفاة

13113 الكويت

ت: 22278100

فاكس: 22278151

E-mail: author@kfas.org.kw

www.kfas.org

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المؤسسة في سطور

- أنشئت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (مؤسسة خاصة ذات نفع عام) بموجب مرسوم أميري صدر في 21 ذي الحجة 1396 هـ الموافق 12 ديسمبر 1976م.
- يدير المؤسسة مجلس إدارة يرأسه حضرة صاحب السمو أمير البلاد (حفظه الله) ويضم ستة أعضاء آخرين.
- تعتبر المؤسسة من بين هيئات النفع العام وتتلقى الدعم من الشركات المساهمة الكويتية من صافي الأرباح السنوية لهذه الشركات.
- الهدف العام للمؤسسة هو المعاونة في سبيل التطور العلمي والحضاري.



أهداف المؤسسة

- دعم الأبحاث الأساسية والتطبيقية من خلال منح تقدمها في مجالات العلوم الطبيعية والهندسية والصحية والغذائية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها.
- تقديم المنح لتشجيع ودعم الأبحاث المتعلقة بالمشاريع وأعمال التطوير والتجارب ذات الصلة بالاقتصاد الكويتي.
- تقديم المنح والجوائز والمكافآت لدعم التطور الفكري في الكويت والأقطار العربية الأخرى.
- العمل على تدريب المواطنين الكويتيين من خلال منحهم بعثات وزمالات بغرض الدراسة والتدريب وكذلك إقامة الندوات والمؤتمرات العلمية.
- تشجيع ودعم وتنمية مشاريع البحوث والبرامج العلمية المشتركة بين الهيئات العلمية الكويتية من جهة والعربية والدولية من جهة أخرى.

KFAS

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ص.ب 25263 الصفاة 13113 الكويت

E-mail:author@kfas.org.kw

www.kfas.org